



TITLE:

トリップチェーンによる交通需要 分析(Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

西井, 和夫

CITATION:

西井, 和夫. トリップチェーンによる交通需要分析. 京都大学, 1985, 工学博士

ISSUE DATE:

1985-07-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r5673>

RIGHT:

トリップチェーンによる交通需要分析

昭和 60 年 2 月

西 井 和 夫

トリップチェーンによる交通需要分析

昭和 60 年 2 月

西 井 和 夫

序

現代社会において交通計画の果たす役割と意義は非常に大きく、土木技術者としてこうした計画の立案プロセスに携わる者は、客観的な計画情報をもとに的確に総合的判断を下すことが不可欠となってきた。そのためには、何よりも計画プロセスの科学化が要請される。また交通計画は、とくに交通の発生基盤となる社会経済システムの変化と深く結びついた形で展開されることにより、社会交通計画としての側面を強くもつことになる。また、その際、計画者は計画によってもたらされる社会的価値の上昇を計量的に表現するとともに、その評価尺度に関する有効性と限界を正しく認識する必要がある。

交通需要分析は、こうした交通計画の中で将来の社会経済環境の中で生成される交通需要の解明とその予測を担うものである。従来は、将来交通量の推計の中で主にトリップ単位の量的な把握が重視されていたため、それに対応した段階的推定法としてのパーソントリップ手法が採用され、その体系化が進められてきた。これに対して本研究で取上げるトリップチェーンの考え方にもとづく方法は、単に量的な整合性を問題にするだけでなく交通現象の解明をも分析フレームに導入するものであり、そのために交通の生成機構においてより本質的な部分に立入るべく、1日の人の動きの中での諸性質を明示的に取扱っていかうとする接近法の一つである。トリップチェーンという用語自体は、本研究においてはじめて登場したものでなく、実は交通需要の推計手法の開発が試みられていた当初においてその基本的な考え方は示されており、その意味では本テーマは古くて新しい問題であるといえる。本論文は、従来の段階的推定法のアウットプットでもある発生集中量、OD分布量、モーダル・スプリットなどの諸量に関しても十分対応可能であり、かつ人の1日の動きを忠実に再現できる手法としてのトリップチェーンアプローチに着目したものであり、その概念の明確化とトリップチェーンの諸性質にもとづく交通需要推計モデルのいくつかについて、筆者がこれまでの研究で得てきた知見を紹介するとともに、交通需要分析の枠組の中でそれぞれ位置づけ体

系的な説明を試みたものである。

本研究を遂行するにあたっては、多くの方々から御指導ならびに御援助を賜った。まず、終始御指導と御鞭達を賜った京都大学工学部 佐佐木 綱教授に対して深甚なる謝意を表します。筆者が研究室に配属されて以来今日まで、本研究に限らず幅広いテーマに関しての同教授の有益な御示唆と、その情熱的な研究姿勢に接することができたことは、筆者にとって最も大きな幸いの一つであった。また日頃からの御指導とともに本論文の作成にあたっても有益な御示唆を賜った京都大学工学部 井上 矩之助教授に対しても心から感謝の意を表します。また、トリップチェーン研究の遂行に関しては、とくに終始討議を通じて御助言を頂き、有益な御示唆を賜った福山大学工学部 近藤 勝直助教授に対して深く感謝いたします。そして、運輸交通計画研究室ならびに交通施設計画研究室の各位にあっては、討議や計算の遂行に関して多くの御協力と御助力をいただき深く感謝する次第です。

昭和60年2月

西 井 和 夫

目 次

第1章	序 論	1
1-1	はじめに	1
1-2	本研究の目的と全体構成	4
	参 考 文 献	8
第2章	トリップチェーンの考え方とその表示	9
2-1	概 説	9
2-2	トリップチェーンの諸概念の整理	10
2-3	トリップチェーンアプローチの有効性	13
2-4	トリップチェーン研究の系譜と再考	18
2-5	結 語	29
	参 考 文 献	31
第3章	トリップ連鎖パターンに関する実態分析	38
3-1	概 説	38
3-2	代表的なトリップ連鎖パターンの類型化	41
3-2-1	カートリップチェーンに関する分析	41
3-2-2	パーソントリップチェーンに関する分析	49
3-3	トリップ連鎖パターンからみた1日の活動時間配分に関する分析	66
3-3-1	分析の背景とその目的	66
3-3-2	実証的分析結果の考察	70
3-4	結 語	81
	参 考 文 献	83
第4章	発生集中量ならびにOD分布量推計プロセスに関するトリップチェーンモデル	85
4-1	概 説	85
4-2	訪問先数に着目した発生集中量推計モデル（基本モデル）	87
4-2-1	ソージャー数数の選択と業種特性	87
4-2-2	ソージャー数選択率曲線の理論式導出	93
4-2-3	モデルの定式化とその適用例	104
4-3	基本モデルのOD分布量推計への拡張	113
4-3-1	最短巡回問題へのアナロジーとその実証的考察	113
4-3-2	OD分布量推計モデルの定式化とその適用例	118
4-4	トリップ連鎖パターンにもとづく発生集中量推計モデル（基本モデルの改良）	125
4-4-1	モデルの基本的な考え方	125
4-4-2	モデルの定式化とその適用例	127
4-5	結 語	138
	参 考 文 献	143

第5章	交通手段選択プロセスに関するトリップチェーンモデル	145
5-1	概 説	145
5-2	交通手段選択モデルの整理と再考	147
5-2-1	従来の諸研究の整理	147
5-2-2	非集計モデル再考	151
5-2-3	トリップチェーン的アプローチによる手段選択モデル再考	167
5-3	パーソントリップチェーンにおける交通手段選択分析	174
5-3-1	概 説	174
5-3-2	サイクル内第1トリップ利用交通手段に関する要因分析	177
5-3-3	業務トリップチェーンにおける自動車利用特性に関する実態分析	182
5-4	自動車利用者数推計のためのトリップチェーンモデル	193
5-4-1	モデルの基本構造とその検証	193
5-4-2	モデルの定式化とその適用例	200
5-5	結 語	218
	参 考 文 献	221
第6章	結 論	227

第1章 序 論

1-1 はじめに

人々の生活の中で「豊かさ」を求める願いは、人類の歴史とともに古いわけであるが、それが「成長」という魔術的な言葉で表現されるようになったのは、第二次世界大戦後の近代的産業社会に至って以来のことであろう。しかもその「成長」は所得やGNPの次元で語られることが多く、もはや経済学者だけでなく国民一般の常識といえるほどに定着した感すらある。しかし一方では、生活の豊かさの問題をGNPや貨幣所得の大きさから一応切り離して実質的な内容と即して考える発想も徐々に市民権を得るに至ってきたものと考えられる。こうした価値観の変貌は、その時代感覚ともいべきものと同様にそのときの社会経済環境によって左右されるところが大きいことは言うまでもないが、それにもかかわらず真の意味での豊かさとは何かを明確にし、それらを具現化させるべく尽力しなければならないことも事実である。経済学者の渡部経彦¹⁾(1975)は、1970年代の世界の大きな特徴点として、1950年代、1960年代の大部分を通じて世界にとって最も広い合意であった「経済成長」の追求という目標に対して強いそして基本的な批判が定着し始め、これまでの経済成長が世界のそして世界を構成する個々の経済社会において持っていた意味を、多様な価値判断という視点から再検討しなければならないという制約のもとで模索する時期であることを指摘し、また「豊かな」社会の「貧困」について大きな危惧の念を表明している。また、同様の論調は、都留重人²⁾(1975)・宇沢弘文³⁾(1975)においてもみられ経済成長至上主義のもたらす諸矛盾に関する警鐘として読みとることができる。

さて、この人類にとっての永続的な願望である「豊かさ」に関して、それと我々の位置する交通計画との関係について考察することがここでの主題の一つであるが、一般的に言って人々の生活の豊かさには物心両面があることは言うまでもない。その中で「心」の領域は時には「生きがい」の問題としてとらえられることもあるが、多分に主観的な価値観も入り、また、その人の置かれている環境そのものに支配されることから、従来は少なくとも自然科学の分野に根ざすアプローチによる検討からは除かれていた領域であった。しかしながら、こうした領域に関しても土木工学の中での地域計画あるいは交通計画の新しい展開⁴⁾として、心理学・民俗学などの社会科学の分野と連携することにより、地域住民の深層的な「こころ」の部分を地域として集合させた地域特性の形で把握する試みがあり、それは、人々に真に求められているものが何かを考究していくソフトサイエンスの萌芽期の到来を意味しよう。他方「物」の領域において生活水準としての豊かさを理解しようとするとき、経済学的な範疇における財の分類に従うならば次の3つの区分に分けられよう。それは、①フロー財、②ストック財、③外部効果を促す財である。このうち①のフロー財は、一般に各人がそのときどきの所得で購入する対象である財貨やサー

ビスを指すが、その購入対象をより具体的に見ていくときにはさらに次の3種類に分けられる。

- ① 基礎的消費需要
- ② 中間財的消費需要
- ③ 積極的な欲望充足にこたえる最終的消費需要

このうち①は、生活水準の維持にとって最低限必要な衣・食・住に関する基礎需要であり、②は最終目的が別にあるとその充足を中間にある助ける消費需要であり、実は①の基礎的消費需要および③の最終的消費需要に比較してその割合が最も大きいものである。すなわち、この中間財的消費需要には、例えば、防犯用の施設や通勤費用などに始まって学歴偏重社会における熟通い、英才教育等のための教育投資費、医療サービスにおける過剰投薬などによる医療費、さらには本来の軍事戦略でなく経済政策としての均衡的軍拡における軍事支出に至るまで含まれることになり、交通需要に関しても社会・経済活動の派生需要とみなせば、やはりこのカテゴリーに属することになる。これらフロー財と生活水準の豊かさとの関係を考えると、①に関しては、少くとも先進国と呼ばれている国ではこれと豊かさを結びつけてとらえることにはあまり意味を持ち得ず、結局②と③に関する問題といえる。しかしここで重要なことは、生活水準の豊かさにとってはこれら中間財的あるいは最終的消費需要というものはあまり貢献するものではないということである。というのは、中間財的消費需要は、もともと目的が同じく達成されるならばそれは少なければ少ないほど良いものであり、また最終的消費需要の中には買い手の虚栄心や競争意識に訴え、あるいはその弱みにつけこむ類いの商品も少なくなく、真に生活の豊かさを支える財やサービスは案外に稀少な存在である場合が多いからである。そして、この中間財消費需要は、医療サービスあるいは交通サービスを見ればわかるように、往々にして税金によってまかなわれる公共的支出の分野に多く、従前の成長至上主義の時代においてはまさに膨大な公共的支出を背景とした中間財的消費需要が追求されていたのである。交通計画の分野においても、交通需要充足こそ豊かさを向上させるものとした、いわゆる需要追随型では、莫大な公共支出の投下のもとで道路整備・交通サービス改善の諸プロジェクトが実施されていたわけであるが、人々の真の豊かさを求める気持ちが強くなるほど、単純な欲求充足としての交通計画でなく、交通需要の中でどの部分を積極的に処理するかあるいはどの部分をむしろその需要そのものを抑制していくかといった観点に立った計画プロセスの構築が不可欠な状況にあるといえる。「豊かさ」を物的な側面から眺め、経済学における財の分類に従ったとき、さらにストック財あるいは外部効果を促す財についても無視することはできない役割を有すると考えられる。②のストック財は、一般に住宅やピアノあるいは蔵書などのような過去の蓄積による耐久消費財を意味するが、資産価値が大きく、また安定的でもあるので物的な生活水準の豊かさを大きく規定するものである。また、③の外部効果の関連する財とは、自然景勝のような個人の所得支出の対象とはならない価値物を意味するのであるが、これは、通常の経済的な市場機構の調整によって確保されたり保全され

ることは難しく、そのためには何らかの公的介入を前提とした調整メカニズムを必要とするものである。そして何よりも、こうしたストック財や外部効果をもたらす財によって物的な側面における生活水準の豊かさを実現しようとするならば、その取得や確保をはかるための社会計画が必要となることは明らかである。

ここで、都市交通計画の理念からこの「豊かさ」の追求との関係を考えてみることにしよう。佐佐木(1974)⁶⁾は交通計画の真のあり方について、「交通は一般的にいて派生需要であるけれども、単なる追従型の交通施設計画だけでなしに、交通の形態そのものを、一定の理念をもって計画的に改変するところにある」としている。こうした交通計画を社会交通計画として位置づけようとする考え方にとって最も重要なのは、その計画理念についてと個人と社会との関係についての2つの問題ではなからうか。交通のあるべき姿として、交通主体の個人的欲求である移動の自由と交通手段の自由な選択を妨げることなく、安全かつ迅速に運ぶことが要求されるが、交通計画における基本的問題もまさにこの移動の自由についてであるといえる。^{6),7)}ここでの計画理念は、こうした移動の自由が行動の自由と同じく人間にとって基本的な権利であり、その自由の領域の空間的・時間的制約を極力少なくすること、あるいは都市域での業務交通のような他律的な交通に対してはそれら束縛からの人間の解放がとりもなおさず人間の幸福につながるという考え方に立つものと考えられる。しかしながら、都市域という空間的制約の中で個個人の欲求体系から生まれる移動の自由を考えると、その人の属する都市社会との関係を無視して盲目的な欲求充足型の計画を進めるわけにはいかないのである。すなわち、われわれの交通の中で他人に影響を与えない交通はないし、また、都市自体の特徴がそこでの諸施設の高度な共有性と空間の狭隘さにあるとすれば、すべての交通を当然のこととして処理するのでなく、何らかの社会的合意のもとで個人の移動の自由を制限したり、あるいは必要ならばその交通発生の基盤となっている社会に対する改変を迫っていく姿勢が必要となってくるものと考えられる。そして、われわれがこの問題を取上げるときには、やはり現代の高度に発達した産業化社会を背景にしていることを十分認識しておかなければならないことは言うまでもない。現代の資本主義社会においては、高度な産業構造の中での激しい競争原理にもとづく大衆消費社会を迎え、しかも消費者の商品に対する欲望までも広告や宣伝などの企業活動によって操作しようとする非常に管理性の強い体制にあるといえ、一方個人側からみれば、そうした多量の情報と巨大な組織力の前に自律的にあり得ることは非常に難しい状況にある。したがって、自由な企業活動によって個人の欲求体系を左右することができるため、個人の欲求充足のためであるとして出発した生産計画や在庫計画の多くが、実は企業の欲する欲求体系への誘導計画的な性質をはらむことになる危険性を有するのである。このことは、こうした企業活動の派生する交通に関しての諸計画もまた同様の性質を持つといわざるを得ず、交通の発生基盤となる社会システムに対する容認が大きな前提条件となることを意味する。そして、このような社会においてはいくつかの財・サービス（交通サービス

も含まれる場合があるが)は、企業活動を通じて必需品化が進み、個人にとってみればそれらは公共財化されることになるため、その財の価格や使い方に関しては社会的合意をとりつけるためのルールが確立される必要が生まれるとともに、そのための公的介入としての計画が検討されなければならない。⁸⁾このような計画における価値論的側面は、佐和隆光(1983)⁹⁾が指摘するような今日の経済学がその時代的文脈の中で価値規範化・制度化されたものであるというような問題がやはり問われる性質を持っており、計画者は何よりもその計画によってもたらされる社会的価値の上昇を計量的に表現するとともに、その評価尺度に関する有効性と限界を正しく認識する必要がある。

1-2 本研究の目的と全体構成

前節で述べたような現代社会における交通にかかわる背景や、また、その形態そのものを一定の理念のもとづいて社会的に改変しようとする交通計画のあり方を考えるとき、それらのもつ意義や必要性は非常に高く、そして、交通計画を社会計画の一環として位置づける考え方は、定量化された計画目標を前提とする科学的計画の側面がますます重要視されなければならないことを、我々に基本的な命題として示唆しているものといえる。本研究において取上げる交通需要分析は、交通計画の中では将来の社会経済環境の中で生成される交通需要の解明とその予測を担うものであるが、とくにその交通需要がどのような構造を有するか、また、どのような諸性質をもつものであるかといった観点が重視されている。従来の交通需要推計法においては、将来交通量の推計を目的として段階的推定法が採用されていたが、そこで重要であったことは、主に量的なトリップ量の把握の問題であったといえる。それに対して本研究において検討されるトリップチェーンの考え方にもとづく方法においては、単に量的な整合性を問題にするだけでなく交通現象の解明をも分析フレームに導入しており、その表示は人の動きに忠実な、言い換えれば人間の活動と交通との関係の把握を目指したものになっている。トリップチェーンという用語自体は、本研究において始めて登場したものではなく、実は交通需要の推定を問題としてそのモデル化が試みられた当初においてその基本的な考え方は示されており、その意味では古くて新しい問題であるといえる。では何故、ここでことさらにトリップチェーンの表示とそれにもとづく交通需要分析を議論しなければならないのか。それは、大きな背景として今後の交通計画が交通の発生基盤となっている社会経済システムや生活様式の変化と結びつく形で展開され、それに対応できる分析フレームが必要であると考えられるからであり、そこに交通現象の記述に最も忠実なアプローチとしてのトリップチェーン手法の有効性が一つの糸口を与えてくれると思われるからである。もちろん、トリップチェーンアプローチ以外の多様な接近法も可能であるかもしれないが、本研究では、従来の段階的推定法のアウトプットでもある発生集中量、OD分布量、モーダル・スプリットなどの諸量に関しても十分対応可能なアプローチとしては唯一の手法であるトリップチェーン・アプローチに着目することによって、その概念

の明確化とトリップチェーンの諸性質にもとづく交通需要推計モデルを検討することを目的としている。そのため、第2章ではトリップチェーンの表示のための基本的考え方を整理するとともにその有効性を明確にする。次いで第3章は、トリップチェーンの実態分析を通じて人の1日の交通行動を類型化したトリップ連鎖パターンからの把握についての検討を加えることにし、それにもとづくモデル化の準備を行う。第4章、第5章は、交通需要推計の各プロセスに対応すべく発生集中、OD分布、手段分担のそれぞれに対するトリップチェーンモデルの構築が試みられ、本アプローチの有効性等が具体的に議論されることになる。

以下、各章の概説を通じて本研究の全体構成を明らかにしておこう。第2章は、トリップチェーンの考え方とその表示と題して、その基本的な考え方ならびに有効性が整理されるとともに、これまでのトリップチェーン研究の系譜と再考を行うことにより交通需要分析における位置づけを明確にする。ここではまず、トリップチェーンの表示に関して本研究における基本的な発想の原点ともいえるトリップ連鎖パターンに着目したとらえ方について明らかにすることが大きな目的となっており、こうしたアプローチが都市域での人の1日の交通行動を記述する上で有効と考えられる諸点としての、交通需要の派生的性質、1日の交通行動におけるトリップ連鎖パターンとそこでの手段選択、トリップ相互の連鎖性そして1日の活動時間に関する予算制約といった項目が列挙され、それぞれについて分析視点の重要性が強調される。また、交通需要分析におけるトリップチェーン・アプローチの位置づけを明らかにするため、これまでのトリップチェーン研究の歴史的回顧がその主要な流れをマルコフ連鎖理論にもとづくアプローチ、アクティビティ・アプローチ、効用理論にもとづくアプローチの3つに大別しながら行われるとともに、本研究のアプローチを含めてこの分野における今後の研究の方向性が検討される。

第3章は、トリップ連鎖パターンから眺めたトリップチェーンの実態分析のいくつかが紹介されるとともに、次章以降における具体的な需要推計モデルの構築のための基礎分析としての役割を担うものである。ここでは、まず第1にトリップ連鎖パターンは、1日の人や車の動きを把握する上でおそらく最もわかりやすく、そして交通の一般的な性質を規定するいくつかのファクターを内包化できる点で非常に有効であるという考え方に立ち、車および人のトリップチェーンデータをもとに代表的なトリップ連鎖パターンの類型化が行われる。次いで、トリップ連鎖パターン別にみた生成特性を検討することにより、トリップチェーンにおけるベースやサイクルの果たす役割あるいはトリップメーカーの属性との関係が明らかにされる。そして最後に1日の活動時間配分との関係についても実態分析結果が紹介される。これは、以後のモデル化には直接影響を与えるものではないものの、トリップチェーンの中での時間特性に関する基本的理解を深めるとともに、トリップチェーン研究の中のアクティビティアプローチ・効用理論にもとづくアプローチなどの他の接近法との連携を強化する上でも、その指針を与えるものとして意義深いものと考えられる。

第4章および第5章は、交通需要推計プロセスの中の発生集中、OD分布、手段選択のそれぞれに関するトリップチェーンモデルの構築とその具体的な適用を通じてのモデルの諸検討を行うことを目的としており、本研究のメインチャプターといえる。第4章では、発生集中量ならびにOD分布量推計プロセスに関するモデル化が検討されるが、そこでの大きな着眼点は、交通需要の派生的性質ならびに交通における1日完結性とそこで織りなされるトリップ連鎖パターンのもつ諸性質を如何に表現するかである。ここでの概略的な手順としては、まずトリップ連鎖パターンを規定するソージャー数に着目した発生集中量推計モデルを提案し、次いでこれを基本モデルとして位置づけることにより、その基本モデルの拡張としてOD分布量推計モデルの構築、そしてさらに基本モデルの改良という構成となっている。基本モデルの検討の中では、まず業務トリップチェーンにおけるソージャー数の選択とトリップメーカーの属性としての業種特性に関する実証的な分析より、ソージャー数選択率が各業種の用務内容に規定される立ち回りの多寡を反映し、ソージャー数の増加とともに通減する性質を有することが示され、また、理論的な考察を通じてソージャー数選択率のこのような性質が帰宅確率やサイクル再起確率によって説明されることが示される。次いで、この性質にもとづきさらにベースとソージャーとの結びつきの強さをモデル化することによって発生集中量推計モデルが提案されるわけである。ここでのベースとソージャーとの結びつきの強さとは、結局業務トリップチェーンにおけるトリップメーカーの属する事業所と業務活動上の顧客・取引先との関係がそれぞれのゾーン間の相互作用の中で表現されることであり、その意味で交通需要の派生的性質が明示的に取扱われているといえる。次に、この基本モデルをOD分布量推計へ拡張するため、トリップチェーンの生成におけるスケジューリングに関する性質に着目したアプローチが検討される。すなわち、ここではあるトリップチェーンのソージャー数が与えられたとき、そのソージャーゾーンの組合せが決められたもとで、トリップチェーンの生成は最短巡回経路に従うものと仮定している。そこで、実際のトリップチェーンデータを用いて最短巡回経路上での立ち回りを行う割合を調べることで、本アプローチの妥当性が検証されるとともに、具体的な適用例によるモデルの現況再現性が検討される。そして最後に基本モデルの改良として、トリップ連鎖パターンを規定するソージャー数だけでなく、他の1つのファクターであるサイクル数あるいは、あるソージャー数のもとでのサイクル数とソージャーゾーンとの関係を明示的に扱う方法について考察がなされる。これは、サイクル数別ソージャーゾーン分布に着目することにより、その周辺分布としてソージャーゾーン分布が知られることができることが大きな特徴点であり、その意味では基本モデルにおけるソージャー数の各ソージャーゾーンへの配分方法を一般化したものと位置づけることができる。また、この改良モデルの適用は、それまでのカートリップチェーンデータでなくパーソントリップチェーンデータに対してなされることにより、人の1日の動きに対してのトリップチェーンモデルとしての洗練化も試みられている。

第5章は、交通需要分析において重要な検討課題の一つである交通手段選択を取上げることとし、トリップチェーンアプローチからの実証的分析ならびにモデル化に関する諸検討を主な目的としている。ここで提案されるトリップチェーンモデルは、基本的には、前章でのソージャー数選択率に着目した発生集中量推計モデルに手段選択プロセスを導入したものであり、自動車利用およびマストラ利用のそれぞれのモード別ソージャー数選択率をサイクル単位で設けることにより、交通手段別・発生集中量の推計を行うものである。したがってここでは、自動車利用特性というものをサイクル内ソージャー数という立ち回りパターンを通じて追跡できるので、手段選択に関連するトリップチェーンの表示を可能にしていると評価できよう。また本章においては、トリップチェーンアプローチの他の接近法による手段選択モデルの再考を通じて交通需要分析における論点の整理を行っておくことにし、併せて本研究の位置づけを明らかにしておくことにする。そこでは、それにつづくパーソントリップチェーンデータを用いた手段選択に関する実態分析結果からも示されるように、結局、従来のトリップ単位の方法においては捨象されてしまうトリップチェーンとしての諸性質が、交通手段選択においても大きな規定力を持つことが強調され、併せて本アプローチの必要性も明らかにされる。また、具体的なモデル化においては、実証的な諸分析が併行してなされその現況再現性が高いことが結論づけられる。

最後に第6章では、各章で得られた成果を要約するとともに、本研究全体を通じた総括を行うことにする。

第 1 章 参考文献

- 1) 渡部経彦：“模索する資本主義”，岩波新書，1975 年
- 2) 都留重人：“公害の政治経済学”，岩波書店，1972 年
- 3) 宇沢弘文：“自動車の社会的費用”，岩波新書，1975 年
- 4) 佐佐木綱：“地域計画への新しいアプローチ”，交通工学講習会講演録，1984 年
- 5) 佐佐木綱：「都市交通計画」，国民科学社，第 1 章，1974 年
- 6) 佐佐木綱：“交通計画における基本的課題”，季刊運輸経済研究センター，1978 年
- 7) 佐佐木綱：“競争と交通”，道路建設，pp.15 ～ 18, No.8, 1975 年
- 8) 斉藤俊彦：“交通経済の理論と政策”，ぺんぎん出版，1978 年
- 9) 佐和隆光：“経済学とは何だろう”，岩波新書，1983 年

第2章 トリップチェーンの考え方とその表示

2-1 概 説

本章では、トリップチェーンの考え方にもとづく交通需要分析に具体的に入る前に、トリップチェーンの考え方自体についてその概念を明らかにし、こうしたアプローチがどのような有効性を有するかを示す。その具体的な手順としてはまず、トリップチェーンの具体的な概念のいくつかを整理するとともにその有効性を議論し、次いで、これまでのトリップチェーン研究の再考を通じ交通需要分析における位置づけを明確にする。そして、最後に本論でのトリップチェーンのとらえ方として、トリップ連鎖パターンからの表示方法について触れることにする。

交通需要分析を行う上で人の1日の交通行動に根ざした性質を把握しておくことは非常に重要である。それは、人がある目的の達成のために移動を必要とする際に、そのトリップの形態（例えば、どこからどこへどのような手段で行くか）が個人属性、空間的特性、時間的制約などの諸条件のもとで何らかの行動原理にもとづいて決定されるものと考えられるからである。もちろん、その他の条件として偶発的要因もあるため、結果的に必ずしも個々のトリップメーカーの行動原理にまったく即したものにならない場合もある。しかしながら、そのような場合であっても個々人が種々雑多に存在し、それぞれの諸活動を営んでいる都市域では、そこに含まれる同質的なグループを単位に集計的に眺めていくことによって、当該グループにおける平均的な行動原理は、それにもとづく交通行動パターンの説明に役立つものといえる。したがって、どのような機構からあるいはどのような条件によって交通行動パターンが規定されているかを明らかにすることは非常に意義深いものと考えられる。ここで、交通需要を1日単位の交通行動から眺めていくことの意味を次に示す例を用い説明しよう。例えば、郊外の住居地から都心のオフィスに通勤している従業者を取上げてみると、彼の1日の交通行動の基本パターンは、自宅と勤務地の往復（通勤・帰宅トリップから成るピストン型）とみなすことができるが、そこに例えば買物の必要性が生じ買物トリップの付加がなされる

ならば、図2-1-1に示すような1日の交通行動パターンの変化が考えられる。この中で〔1〕,〔2〕,〔3〕は、買物トリップの付加される前の基本パターン（ピストン型）を崩すことなく、自宅あるいはオフィスからの買物・帰宅の2トリップが増加している。一方、〔4〕,〔5〕はピストン型の基本

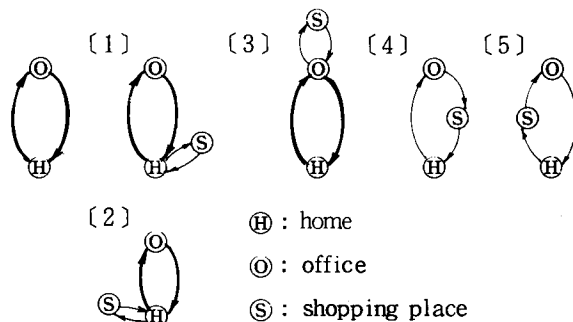


図2-1-1 1日の交通行動パターンの変化

パターンは崩れ、帰宅途中あるいは通勤途中に買物トリップが混在した交通行動パターンに変化し、付加的トリップが1トリップだけ増加している。したがって交通量は、これらの交通行動パターンの変化の仕方に依存して、量的にもまた付加的トリップのODパターンの上でも異った変化を示すといえる。また、このような変化は買物トリップだけに着目していても的確に予測できるものでなく、自宅・勤務地の空間的位置関係、通勤交通手段、トリップメーカーの個人属性および時間的制約といった要因を取上げる必要がある。

さらに、今考えている買物という活動目的が達成されたかどうかによって、満足な買物ができないときにはさらに付随的に買物トリップの立ち回りが生じる場合がある。もちろん図2-1-2に示すような変化もまた、上述の要因とともに1日の時間的制約（1日単位で完結するものかどうか限らない場合もある

が）およびトリップ相互の連鎖性にも大きく関係するものと考えられる。

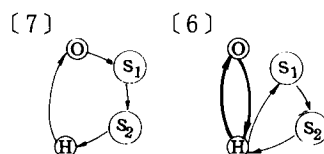


図2-1-2 立ち回り型の交通行動パターン

2-2 トリップチェーンの諸概念の整理

ここではまず、トリップチェーンの表示を行う際に用いられる用語に関する定義を明らかにしよう。この分野における用語については、terminologyとして定着しているものが少なく、それぞれの研究者の独自の概念規定から導出された場合が多い。またその背景には、トリップチェーン研究の関連する局面が本研究でメインとして据えている交通需要分析だけでなく、後述するアクティビティアナリシス（Activity Analysis）などの人間活動全般にわたる諸分析にも及ぶことも用語の不統一を招いているものと考えられる。

① トリップチェーン (trip chain or trip chaining)

人の動きは、従来のパーソントリップ法ではトリップ単位で把握される量的なものとして取扱われていたため、その人の1日の移動の軌跡まで含めて考えていこうとする試みはあまりなされていない。そのため、本研究におけるトリップチェーン的アプローチでは、本来同一の個人による連続的なトリップからなる「一連の動き」(a sequence of trips)に対して、特にトリップの連鎖性や1日を単位とした行動パターンに着目する。したがって、トリップチェーンとは、“ある個人の1日の連鎖したトリップ”から構成される交通軌跡として定義される。

従来のトリップチェーン用語に関しては、Jones (1975)¹⁶⁾による整理からわかるように、それぞれの研究者の意図を反映して様々な表現がなされていることがわかる。それによると“トリップ”という言葉がほぼ定着した感があるのに対して、“トリップチェーン”とはほぼ同義なものとしての“multi purpose trip”，“multi trip journey”からあるいはトリップ(trip)という概念からの拡張としての

“trip linkages or linked trips”, “a sequence of trips”といった表現までその用語のはんらんは著しく、この研究分野の発展段階であることを物語っている。また、トリップの連鎖性といった交通行動に限定するのではなく、交通需要の派生的性質に着目したアクティビティアナリシスの枠組の中では、Damm(1981⁴⁸⁾)が指摘するように、活動連結メカニズムの中で個々の活動を橋渡しするものとして交通をとらえようとするため、activity program が先決され、それに付随した形で activity scheduling of a program として一連のトリップをとらえようとする考え方に立っている。その際、従来の“トリップチェーン”という用語の意味することと必ずしも合致したものとなっていないことも事実である。

② ベース (base)

トリップチェーンの表示にとって重要な概念であり、その人の交通の起点でありそれが他に較べて滞在時間の長い所を意味する。佐佐木(1969⁶⁸⁾)はもう少し具体的に次のような2通りの定義方法を示している。

(1) ある地域を対象とした交通を考える時は、ある人のその地域における第1トリップの起点をその人のベースと定義する。

(2) サイクルを生じうる施設としてベースを定義する。

(ここでサイクルとは、ある所を中心いくつかのトリップによってループ(閉路)が描かれるときの呼び名を指す。)

今、上の(1)、(2)の定義のいずれにしろ含まれるベースとしての施設をあげると、次のような分類ができる。

施設	小分類	中分類	大分類	ベースの有無	
a. 自宅 (home)	home based	H.B	..... H.B	} Based
b. 事業所 (office)	office based	O.B			
c. ホテル, 知人宅 (hotel)	hotel based	} ... Non Home Based (NHB)	} N. H. B		
d. ターミナル (terminal)	terminal based				
e. ノーベース (No-base)				No-Based	

ここでノーベースとは、対象地域内へ自動車などで直接流入してくる場合にそのターミナル経路が不明なものである。

(1)の定義では、対象地域に居住する人のトリップの大半はホームベース (H,B) の交通となり、対象地域への流入者によるトリップは、事業所ベースを中心としたノンホームベースの交通といえる。一方、(2)の定義は、ベースをその日の交通行動の拠点としてとらえようというものであり、例えば、対象地域内で自宅およびその人の勤務する事業所がある場合に、もし自宅とオフィス間での通勤(帰宅)トリップの他に昼間の業務トリップを事業所を拠点として行っているならば、その人は1日のトリップチェーン

の中で自宅ベースと事業所ベースの2つのベースを有し、それぞれのベースを起終点とする通勤サイクルおよび業務サイクルを形成する。(図2-2-1参照)

これらの定義において、今、パーソントリップを前提とし対象圏域が1日生活圏である場合には、域外からの流入トリップの全体に占める割合は小さく、そのために(1)の定義ではほとんどのトリップがH,B(ホームベース)

となり、(2)の定義ではそれらにO,B(事業所ベース)が加算されることになろう。また、対象圏域がそれより小さくなり、流入トリップに関連するトリップチェーンも多く取扱う場合には、まず、対象圏域に関連するトリップチェーンデータの抽出(1日のトリップチェーンの中で少なくとも1回以上トリップのエンドを域内に有するデータの抽出)を行い、それら関連トリップチェーンの第1トリップの発施設をベースとして定義することになる。このような場合、圏域内外への流入・流出に関連する自宅ベース(home based trips)の動きと昼間の圏域内の事業所ベース(office based trips)の動きの二者に大別される。

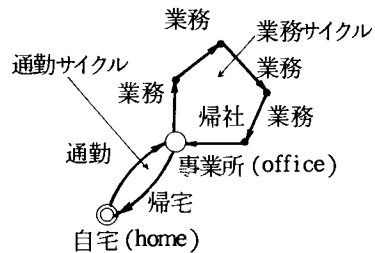


図2-2-1 トリップチェーンの例

③ サイクル (cycle)

1つのトリップチェーンの中で連続するいくつかのトリップが1つの閉路を形成するときに、その閉路をループ(loop)と呼ぶが、もしこのループの起終点がベースである場合サイクル(cycle)と定義する。これと同義な呼び方として、欧州や米国で特にツアー(tour)という用語が用いられる場合があるが、このときにはむしろ、1つのトリップチェーンが1つのサイクルから成るものとみなしていることから“トリップチェーン”という意味合いに近いものとなっている。

④ ソージャー (sojourn)

個々のトリップチェーンの中で各トリップの着エンドがベース以外のとき、それをソージャー(sojourn)と定義する。これは、ベースが人の1日の動きの中で拠点を表現するのに対して、ソージャーは個々のトリップの訪問先を示す。この用語についても他の表現方法としてstop, destination, stageといった具合に数多くあり、またそれぞれがすべて同じ意味で用いられているとはいえない。ここで、“ソージャー”のもつ役割を考えてみると、それはトリップチェーン内の各トリップの目的地であることから活動が達成される場所(空間的位置)を示すとともに、その数は1日に訪問すべき目的地の数であるため、1日の交通行動パターンを大きく左右する要素であることは明らかである。そのことは、次に示すトリップ連鎖パターンの定義にも関係する。

⑤ トリップ連鎖パターン (travel pattern)

個々のトリップチェーンをその中に含まれるサイクル数 ℓ をソージャー数 s に着目して、類型化し

たときのパターンをトリップ連鎖パターンと呼ぶことにする。これは、トリップチェーンという1日の交通行動をより視覚的にとらえようという立場に立つものであり、その中でサイクル数はベースを拠点とした交通生成パターンを、また、ソージャー数⁸⁰⁾は1日という単位で見たときの活動形態（あるいは活動パターン）を表わすものとみなしている。また、これら2変量に関して、1日全体のトリップ数 N は、 $N = s + \ell$ で与えられることも、この着眼点の特徴の1つである。この考え方に立つ具体的な実態については次章にて詳述される。

2-3 トリップチェーンアプローチの有効性¹⁰⁰⁾

ここでは、本研究で取上げる交通需要分析の枠組において、トリップチェーン的アプローチがどのように有効であるか、つまりトリップチェーン研究によってどのような性質を明らかにすることができるかを、次の3つの観点に沿って考えてみたい。

(1) トリップチェーン的アプローチの技術的視点からの有効性の整理

(2) 交通需要分析に要請されている諸点

(3) トリップ単位のアプローチとの比較

(1) 本アプローチの技術的視点からの有効性の整理

まず、トリップチェーン的アプローチにおける技術的な諸視点を明らかにするため、従来の諸研究の事例にもとづく整理を行ってみよう。なお、ここで技術的 (technical) 側面という意味は、従来のトリップチェーンモデルのいくつかで具体的なモデル化や実証的分析の中心に据えられた視点を指す。

① 交通需要の派生的性質 (the derived nature of travel demand^{82), 83), 84), 88), 90)})

都市交通需要は、本来都市域における社会・経済的諸活動の派生需要として、それらの活動水準・パターンに大きく規定されるものである。それは、例えば、通勤トリップであれば勤務地での活動を行うため、居住地から勤務地への移動が派生されたものであることから容易に理解できる。そしてトリップチェーン的アプローチの有効性が最も端的に現われるのは都市内の商業経済活動に派生する業務トリップに関してであろう。すなわち、業務トリップにおける生成あるいは発生集中・O D分布、そして機関分担は個々のトリップが独立な形で説明されるというよりむしろ、まず第1にそれら活動の拠点としてのベースと訪問先(ソージャー)との結びつきの強さ(経済活動上生じる取引、納品、商談といった業務形態における活動主体と顧客との相互関係)に規定されるものと考えられるからである。

② 交通における1日完結性とそこで織りなされるトリップ連鎖パターン(travel patterns in a single day^{80), 81)})

これは、人の交通行動が1日を単位として、その意志決定がされるものと暗黙に仮定されていることによる性質である。もちろん、活動の種類によっては1日(daily)を単位とせずweekly, monthly の場合あるいはweekday/weekend といった単位でとらえるべきものがあるかもしれないが、都市域にお

ける通常の活動パターンにもとづく交通現象の多くは、1日単位の扱いが妥当と考えられる。むしろ問題は、交通行動における意志決定の中でどのような形で、このような性質を明示的に組み込んでいくかである。もちろんそのためには、人の1日の交通行動パターンのもつ諸性質を明らかにしておかなければならないことは言うまでもない。このとき、その人の1日の交通行動をそのトリップ連鎖パターンから眺めていくとすれば、次のような観点に立った諸分析が検討される必要がある。

- i) 1日のうちで訪問するソージャー数 s がどのような要因に規定されているのか。例えば、確率論的なとらえ方であれば、1つのトリップチェーンが生成されるときにあるソージャー数 s をもつ確率に着目することによって、各トリップ連鎖パターンの生成特性を分析する。
- ii) また、1日のトリップ連鎖パターンは、そこに含まれるソージャー数とともにベースを起終点とするようなサイクル数によって類型化されるとき、このサイクル数の決定は、ソージャーンとして訪問するソージャーゾーンの分布に大きく依存するものと考えられる。そのため、ベースとソージャーンとの結びつき以外にソージャーン間の結びつきといった性質とサイクルパターンとの諸関係が明らかにされなければならない。

そして、これらの問題に対して、トリップ連鎖パターンという交通行動の枠組みを拡げて、①において述べたようなより本源的な活動形態まで言及して分析していこうとする立場にたつならば、次のような要件についての議論が中心的なものとして列挙することができよう。

- a. ベースと各ソージャーンとの社会経済的相互関係およびそれらの空間的位置関係
- b. 各ソージャーンにおける活動相互の連結性
- c. 1日全体としての活動スケジュールとその不確定性
- d. トリップメーカーのもつ個人属性と諸制約
- e. 時間的特性、時間に関する予算制約

③ 交通手段選択とトリップ連鎖パターン (modal choice decisions in a trip chain)^{86), 87), 97)}

パーソントリップ法における交通手段選択プロセスは、各交通手段相互の関係をとり込んだ需要予測体系の中で主要な役割を演じるものといえる。従来のトリップ単位の分析では、その人の1日の交通行動全体の中に含まれるそれぞれのトリップが独立であるとみなすことによって、個々のトリップにおける交通手段の選択構造の説明が試みられていた。しかしながら、本来同一の個人による連続的なトリップがこのように分断されて扱われることの矛盾は、とくにこの交通手段選択において顕著になる場合が多いと考えられる。というのは、例えば、自宅を出発するときに車(マイカー)を利用することを決めた人の1日全体の動きに関して、少なくとも後続のトリップにおける交通手段選択において第1トリップで車を利用していることは無視することができないはずである。あるいは、そもそも1日のこうした動きが予測されていて第1トリップの交通手段として車が選択されていたのかもしれない。もちろん、ト

リップメーカーがある活動目的の達成のための空間的な移動をそれぞれの活動ごとに独立に行うときもあり、そのときにピストン型のサイクルパターンをもつならば、従来のトリップ単位との大きな差異がないと考えられる場合がある。しかしそのときでも、1日全体でのソージャー数が多くなるにつれて活動時間に関する予算制約が厳しくなるため、それに応じた手段選択が必要となるかもしれない。このような性質は、トリップチェーンの概念が考え出された当初からも強調されてきていることであり、本アプローチの有効性の真価が問われる側面でもある。

④ トリップの連鎖性 (trip-linkages)^{85), 90)}

トリップチェーンの性質の中では、これまでの研究事例においても最も多く議論されていたものであり、人の1日の動きの中のトリップ相互の関係を明示的に取扱っていかうというものである。例えば、居住地と勤務地との移動のための通勤・帰宅トリップから成るピストン型の基本型が崩れ、帰宅途中の買物のための自由トリップが入るトリップ連鎖パターンに変化するとき、それは、買物をするための訪問地が帰宅途中に便利な位置にあるなどの条件が整っていたことによるかもしれない。このような場合、従来のトリップ単位の方法では対処できず、OD表の各エレメントには個別に量的な意味のみの形で計上されてしまうことになる。したがって、トリップ相互の関係の中では、例えば、目的連鎖、ゾーン連鎖、モード連鎖に関する諸性質について、また、それらをクロスさせたときの性質についても関心が払われ、それらは従来のトリップチェーン的アプローチにおいて代表的なマルコフ連鎖モデルによって表現されていた。

⑤ 1日の時間に関する予算制約 (time-budget constraints)⁹⁸⁾

これは、トリップチェーンの議論を時空間上の次元に拡張した分析フレームの中で行っていくときに関係する性質といえる。そこには、人の1日の交通行動パターンが、その日の活動時間という予算制約のもとで諸活動と移動に要するトリップ時間をどのようにして割当てかに規定されたものとしてとらえていかうとする行動論的立場が強調されている。ここでは、1日という単位が活動パターンの基本となっているが、時間という“長さ”だけでなく時刻という“時間軸上での位置”にかかわる性質が明らかにされなければならない。また、交通需要予測という究極的な目的のためにどの程度のレベルまでその性質を織り込むべきかが重要な課題となるものと考えられる。

(2) 交通需要分析に要請されている諸点

トリップチェーン的アプローチの有効性は、前述の諸視点が交通需要分析に要請されている観点と整合するときより鮮明なものとなる。そこで、ここでは交通需要分析において積極的に取り入れていかなければならない諸点について考えてみよう。

① 交通需要の派生に最も本源的にかかわる“活動”のもつ諸性質を明確にしておく必要がある。ここでの諸性質とは、個々の活動内容そのものに関するものと一連の諸活動間の活動連結メカニズムにつ

いてであり、それらの解明が重要な目的といえる。

② 交通需要の変化の予測は、交通行動パターンの変化の結果として把握されなければならない。このとき、交通行動の中の基本的なパターンに着目し、その量的な変化の予測を問題にする場合と、基本パターンが崩されそのバリエーションが形成されることによる変化の予測を扱う場合の2つに区別される必要があると考えられる。ここで、基本パターンとは、通勤・帰宅の往復トリップからなるピストン型パターンや主婦による日常的買物のための往復トリップなどが対応し、それらはほぼ毎日のごとく繰り返される反復的であるとともに、その中に含まれる諸活動間の相互依存性に関してはそれほど強くないものである。したがって基本パターンの量的把握においては、活動内容ごとにみた発着エンドの社会・経済属性に着目し、それらの変化と交通需要量の変化との関連が重要視される。一方、基本パターンの変化に伴う交通需要の予測に際しては、基本パターンの量的なレベルはあまり変化しないものとみなし、むしろそれら定型的な交通行動様式がどのような形で付加的な活動需要の生成によって変化するかが問題とされる。例えば、通勤・帰宅ピストン型から付加的活動としての買物の達成のために通勤—買物—帰宅といったトライアングル型に変化する場合などがこれにあたる。このような変化は、ただ単に買物という付加的活動の生成に着目するだけでは不十分であり、その前後の通勤・帰宅にかかわる諸活動間の相互の依存関係を扱っていかなければならない。そのため、トリップの連鎖性などで代表されるトリップチェーンの諸性質が大きく関係してくるといえる。⁹⁹⁾

③ 交通需要分析の一つのねらいとして人の交通行動についての意志決定機構の解明があげられるが、これまでの諸研究においては、時間軸を導入した議論はあまりなされていなかった。ところが、そのとでさえ1日単位でみた交通というのが暗黙のうちに仮定されており、1日(24時間)のなかでのさまざまな時間的な制約が与える影響を無視できない場合があろう。このような視点は、“Time-budget”といった分野に代表されるように、最近になってその実証的分析が進められている段階であるが、将来の生活時間の配分(time-allocation)や世帯単位でのlife-cycle-stageを反映した生活様式の変化と交通需要(生成)との関連を見ていく上で重要な課題と考えられる。

④ (交通)政策評価のための敏感なモデルの構築の必要性⁹⁶⁾

従来の交通需要予測モデルは、長期的なネットワーク形成といった交通計画に供するために開発されたわけであるが、1970年代に入り特にオイルショック以降においては、より短期的な交通政策(あるいは交通運営)の評価を的確に行うためのモデル改良(あるいは予測プロセスの再編)の必要性が高まりつつある。こうした背景のもとで、後述の非集計選択モデルあるいはアクティビティモデルに類する方法論の展開をみることになるわけであるが、それら両者においてトリップチェーンの諸性質の内包化が重要な視点となろう。

すなわち、アクティビティアプローチにおいては、活動連結性を具体化させたものがトリップチェ

インそのものに対応することになり、また、非集計選択アプローチでは、交通行動の意志決定を多次元な選択構造とみなし確率効用理論にもとづくモデル化を主題とするため、その中にどのような形でトリップチェーン性質を組み込んでいくかが問題となる。その際、“多次元の選択”という枠組みがどの程度有効あるいは障害となり得るかは議論のわかれるところかもしれない。

(3) (交通需要分析における)従来のトリップ単位のアプローチとの比較

ここでは、従来のトリップ単位のアプローチとトリップチェーン的なアプローチとの比較を、交通需要分析の中に限定した形で概略的に行ってみることにする。

まず第1には、それぞれのアプローチにおける分析のねらいや目的についての差異を述べる必要があらう。従来のトリップ単位による交通需要分析では、個々のトリップは量的な意味しかもち得ず、それらの量的把握にもとづきネットワークの形成に供するための計画プロセスの中で位置づけられていた。したがって、これは将来の土地利用や社会経済指標の変化と交通需要の変化との関係の解明を目的とした長期的・マクロな分析フレームであるとも言うことができる。一方、トリップチェーン的なアプローチでは、各トリップの量的把握は結果的なものであり、むしろ交通行動パターンの記述と予測にもとづいて交通需要の変化を表現していこうとする考え方に立つ。そのためどのような諸要因・制約によって一連の交通行動パターンが規定されるかが最大の関心事であるとも言え、そのような観点からのモデル化によって各種の交通政策のよりの確かな評価を最終的なねらいとしているものと考えられる。

第2としては、両アプローチは段階型であるか同時型であるかの2つのタイプに区分されることである。すなわち、従来のトリップ単位のアプローチでは、交通需要予測プロセス自体が段階的推定法と呼ばれていたことからわかるように、個々のトリップに対する生成—発生集中—OD分布—配分といった各段階ごとのモデル化によって、各段階のアウトプットは次の段階のインプットとなるような形態もつ。そして、付加的に手段選択プロセスが導入されることでそれ以降の段階からは選択した手段別の予測プロセスとなる。これに対して、トリップチェーン的なアプローチにおいては、トリップチェーンの生成がトリップ連鎖パターンの把握という形で可能となるとき、チェーン内の手段選択—OD分布—発生集中の順に各トリップ単位に分解することで交通需要量の変化の予測を行うことになる。したがって、1つのトリップチェーンを構成するものとしての各トリップの発生集中・OD分布などは、一括して同時に取扱われるべきものであるとみなされているといえる。

そして第3番目としては、前述のトリップチェーン的なアプローチにおける技術的視点に関連して、トリップ単位の分析ではとらえることができない、あるいは捨象せざるを得ない、諸性質を明示的に考えていくことができることである。すなわち、前述の視点の中で強調されているのは、人の1日の動きの中に存在する行動論的側面の解明にあるということもできようが、そのことは何よりも人の交通行動を忠実に再現するために必要な諸性質を反映しなければならないことを意図しており、従来のトリップ単

位のアプローチにおける不十分な点を補うものといえる。

2-4 トリップチェーン研究の系譜と再考

本節では、交通需要分析におけるトリップチェーン研究の位置づけを明らかにするために、これまでの諸研究の歴史的系譜とそれぞれのねらいを包括的に述べ、併せて本研究の立場を明確にする。そこで具体的には、トリップチェーン研究とそれに関連する分野として、次の3つの研究領域に大別して議論していくことにする。すなわち、

- (1) Markovian Approaches
- (2) Activity-based Approaches
- (3) Utility(disaggregate)Approaches

(1)のMarkovian Approachesは、1960年代後半に始まるトリップチェーン研究の先駆的アプローチであり、交通需要予測を強く意図しており、主にトリップの連鎖性(trip linkages)の性質に着目したモデル化が中心的課題となっている。(2)のActivity-based Approachesは、1970年代に入りOxford Univ.のT.S.U.(Transport Studies Unit³⁴⁾)によって開発されたものであり、人の1日の活動連結メカニズムのモデル化をねらっている。そして、(3)のUtility Approachesは、1970年代後半より短期的交通政策評価のツールとして、非集計選択モデルの中にトリップチェーンの性質を織り込んでいこうとするものである。これらの中に含まれる個別の研究についての再考に入る前に、こうしたレビューの前提として諸研究を取巻く社会的情勢(とくに交通計画における環境の変化)を振り返っておくことにしたい。

Jones(1981⁴⁹⁾)は、交通計画における諸環境の変遷を、1930年代から1970年代までの期間について次の4つの期間に区分している。

- I 1930～1950 局地的な交通混雑の緩和のため、自動車交通量に関する調査とその需要予測
- II 1950～1960 都市内の増大する交通需要に対処すべき計画プロセスの策定のため、家庭訪問調査・自動車路側調査にもとづく3段階推定法(トリップ発生・集中、OD分布、配分)の開発
- III 1960～1970 総合交通体系の確立に向けたパーソントリップ法の開発・改良
- IV 1970～1980 短期的、局地的な交通計画の評価の重要性が高まってきたため、それに対応するアプローチの多様化が特徴的となる。

そして、トリップチェーン研究との関係から眺めたときには、先述の区分で第Ⅲ期以降が関連深いといえるが、すでに1980年代に入っていることから、ここでは1960年代後半より現在に至るまでを次の4つの期間に分けて考えていきたい。

(I) 1960 年代後半(1965 ～ 1970) ……Markovian Approaches

(II) 1970 年代前半(1970 ～ 1975) ……Markovian Approaches の洗練化と Activity based

Approaches の萌芽

(III) 1970 年代後半(1975 ～ 1980) ……Activity-based Approaches の台頭および Utility

Approaches のトリップチェイン研究への拡張

(IV) 1980 年代前半(1980 ～) ……各々のアプローチの中での細分化ならびに統合化(他分野との連携)

この約20年間(1960年代後半から現在まで)における社会経済情勢の変化は著しく、その影響は自然科学の如何なる分野においても例外ではなかった。しかしながら、ここで示した区分の仕方がまったく妥当なものとするわけではなく、むしろ整理の都合上用いられた便宜的な分類法に過ぎない。すなわち、トリップチェイン研究自体は、その範疇に属する研究領域を含めて交通需要分析における既存の諸研究による実践にもとづく応用学問領域であるため、単純な系統図によって説明できるものでなく、様々な角度からのアプローチが混在しているからである。その中であって、あえて歴史的な結節点を見出すとすれば、やはりオイルショック(1974)の前後と言わざるを得ないであろう。それは、ちょうど前半の10年間と後半の10年間とに分けることになるが、前半は交通計画において大規模なプロジェクトによる広域ネットワーク形成や総合交通体系の確立が叫ばれていた時期であり、計画手法としてもそれに対応する長期的マクロなフレームにもとづくものであった。一方、後半に入ると、経済成長のスピードが鈍化し、それに伴って膨大な公共投資を必要とする大規模プロジェクトの実施は難しくなり、如何に効率的な投資効果を生むかということが要請されるに至り、そのための評価プロセスの開発の必要性が高まってきた。そのため交通運営手法と呼ばれる短期的交通政策によって(公共投資におけるリスクを負わない形で)問題解決をはかる方法論の開発がより重要視されるに至ったわけである。もちろん、ここで述べた経済的諸環境の変化ばかりに左右される形で交通計画における研究内容が変貌するというわけではなく、他に技術革新や社会のニーズによってさらに本質的に影響を受けるものであるので、それらを含めた体系的な歴史的経緯を論じるにはもう少し long-span の視野が必要となろう。

(1) Markovian Approaches の再考

Markovian Approaches とそれに関連する研究は、トリップチェインに関する諸研究の中で先駆的であり、また現在もなお有効な考え方を示すものといえるが、ここではそれを年代順に回顧してみよう。

まず1960年代に入ると、交通調査の試験的实施が米国の各地で行われるようになり(1955年CATS(Chicago Area Transportation Study)から始まり1960年ワシントンD.C.ならびに他7カ所(1958～1963)), それらにもとづく都市圏の交通輸送体系計画プロセスの開発が進められるに至り、その後の家庭訪問調査の形式をもつ交通調査のプロトタイプとされるものがこの時期に出来上っている。そこ

では、当初においてのみトリップ目的の連鎖に関心が払われていたが、それ以後には直接的には扱われてなかった。この時期にあって、トリップチェーンの考え方としてはOvergaard(1963)がLinked trip と呼ぶトリップのとらえ方から出発して、それらが連なった意味で“一連のトリップ”(Chains of trips)という概念規定を紹介している。(ここで、単位として“一連の”という考えを打出したのはスウェーデンのS.Nordquist⁴⁾であると説明されている。)⁷²⁾また、米国ではMarble(1964)¹⁾が、トリップの連鎖に関するマルコフ連鎖モデルを最も早くから着目していたが、需要予測モデルとしての体裁が整っていなかった。そして、Horton & Schuldiner(1967)²⁾、Horton & Wagner(1969)³⁾は、やはりトリップ目的の連鎖に着目したマルコフチェーンを用いて土地利用の施設連関パターンの分析を試みている。このマルコフ・アプローチは、Sasaki(1971)⁷⁾の吸収マルコフ連鎖にアナロジーさせた自動車OD分布交通量推計モデルによって需要予測モデルとしての位置づけが確立され、また、そこでは以後の諸研究の基礎となるベース(base)やサイクル(cycle)といったトリップチェーンの諸概念が明らかにされた。こうしたマルコフモデルの定式化は、Gilbert(1972)⁹⁾、Richard & Wigan(1973)¹¹⁾、そしてKondo(1974)¹³⁾によって、理論面でもより強固なものに高められた。とくにGilbertは、状態推移を説明する遷移確率の定常性への改良を意図したマルコフ再生理論の適用を議論しており、Richard & WiganそしてKondoは、手段選択の導入に関連する改良を試みた。また、Kondoの論文では、人の1日の動きの記述と予測のために、とくに目的連関行列の改良およびその予測方法などを提案しており、単純マルコフ連鎖モデルによるシステマチックなトリップチェーンの表現については、ほぼ完成された時期といえる。一方、トリップチェーンの性質についての諸分析は、オランダのVidakovic(1971)^{8), 21)}が早くから手がけており、アムステルダムで行われた調査データをもとに、トリップチェーン特性としてのトリップ長、滞在時間、交通手段利用数に関する実証分析結果を報告している。その後、彼の論文(1974, 1977)¹⁴⁾では、トリップチェーンの数学モデルとして調和級数モデルを提案しているが、交通需要分析における有効性に問題点を残している。こうして1960年代後半から約10年間でほぼマルコフ・アプローチの一世代が区切られるわけで、次に世界的に再登場してくるのは1980年代に入ってからである。この第2世代においてまず、Kitamura & Lam(1981)⁴⁴⁾がマルコフ・アプローチに時間軸の導入をはかり、マルコフ再生理論を基礎に置きかつ滞在時間を考慮したモデルを提案している。このモデルはおそらく、マルコフ・アプローチの中で最も精巧で理論面においても卓越したフレームを具備するものと評価できるが、需要予測モデルとしての実証性と適用性についてその改良が必要かもしれない。すなわち、交通需要分析やその予測のためには、トリップチェーンの体系的な表現という特徴を生かしながら、より簡潔な構造でしかも実用的なモデルフレームが要請され、そこに新たな展開の糸口が与えられているものと考えられる。本研究における基本的な発想の一つはこのような点にあり、マルコフ・アプローチの中で取上げることができる諸性質を取込みながらも交通需要予測モデルとしてより実証性の高いものを開発することを意図してい

る。こうした考え方は、Southworth (1982)⁵¹⁾においても物資流動におけるトラック・ターミナル配置問題の中で取上げられている。また、拙稿 (Sasaki & Nishii (1983))⁵⁷⁾では、業務交通における訪問先数に着目した需要予測モデルの中で議論しており、本研究において後に詳述されることになる。また、トリップチェーンの諸性質に関する諸分析は、筆者らによる一連の研究成果として後述するが、諸外国においても Horowitz (1982)⁵²⁾はトリップチェーン内の Tour 長に関する指標化とその実証分析を行っている。そして Kitamura (1984)⁶⁰⁾は、これらトリップチェーンの性質を目的地選択モデルへ内包する方法を検討しており、そのケース・スタディの結果からは、目的地の魅力の規定する要因として、その目的地の訪問後に行く次のトリップの目的地への近接性といった形でトリップチェーンの性質が有意に関連を持つことが示されている。

一方、わが国におけるトリップチェーン研究は、おそらくその大半がこの(1)のマルコフ・アプローチの範疇に属するといえ、近藤(1981)^{92), 93)}によれば「交通需要予測を念頭に置いたところのトリップチェーンの計量的把握とシステムティックなモデルビルディング」⁶⁷⁾が主眼とされている。また、彼の網羅的な諸研究の回顧⁹⁴⁾によって、おそらく1960年代後半から1970年代後半までのトリップチェーン研究の流れは明確にされたと言え、詳細はこれらの文献に譲ることにするが、ここではその展開の中心的な軸となり得るいくつかの研究について触れることにする。

わが国では、佐佐木 (1969) がこの分野における先駆けといえるであろう。⁶⁸⁾これは神戸市を対象としたデータよりパーソントリップの1日の動き方の類型化を試みたものであり、先述の Sasaki (1971) における吸収マルコフモデルの適用のためのパイロット・スタディとしての性格をもつものであった。また、この研究は、自動車のトリップの連鎖を追跡しようとした一連の研究—とくに都市内自動車のODパターンの確率論的記述(1966, 1967)—の延長として位置づけられ、それらはやがてOD分布交通量推計モデルとしての「佐佐木のエントロピー法(1968)」に結実することになる。次いでこうしたトリップ目的連関を遷移状態の推移とみなす吸収マルコフ連鎖モデルは、近藤(1972a, 1972b, 1976),^{64), 65), 70)}あるいは Kondo (1974)の一連の研究によって、交通機関選択プロセスの導入を含めた体系化ならびに適用面における現実的な諸問題の解決方法が検討された。そして、とくに交通目的連関行列の定義法とその予測に関しては、その後の松井(1976)⁶⁹⁾、近藤 (1977, 1978)^{72), 74), 96)}によって完成をみたものといえる。

また、マルコフ・アプローチにおける時間軸の導入というモデルの拡張を意図した展開としては、宮城・加藤(1976)^{66), 71)}がトリップチェーンの行動時間特性(滞在時間等)に着目したマルコフ再生モデルを提案しているが、実用面での諸問題が残されている。また、トリップチェーンの時空間(time-space)上での記述についても、近藤・上野(1979)⁷⁵⁾がその理論的枠組を示しているものの、記述的分析の域を出ていない。

1970年代後半から現在に至る間においては、トリップチェーン研究はそれまでのマルコフ・アプロ

ーチに傾いた流れとは幾分異なり、後述する他のアプローチとの連携をねらいとした包括的な分析フレームのもとで進められてきている。その中では、姫野(1979)⁷⁶⁾、原田・太田(1980)⁷⁷⁾、鈴木・肥田野(1980)⁷⁸⁾、芦沢(1980)⁷⁹⁾などによって、とくに1日の時間予算制約、世帯構成員の生活パターンと交通行動、自動車保有世帯における利用形態に関しての現況分析が中心となっている。これらの展開は、むしろこれまでの需要予測を念頭としたものとは異なり、次に示す Activity-based Approaches に近い立場に属するものといえる。そして本研究は、需要予測を念頭に置き、なおかつこれまでの Markovian Approaches とは趣きを異にするものと位置づけができればよい。その具体的な研究成果については後章における議論にゆずることにするが、1日の交通行動をトリップ連鎖パターンに着目して眺めることにより、その諸性質に関する実証分析と需要予測のためのモデル構築が主な内容である。

(2) Activity-based Approaches の再考

1970年代に入って、人の1日の交通行動と他の諸活動との関係にまで立入って眺めていこうとするアクティビティアプローチと呼ばれる新しい流れが出てきた。ここでは、交通(travel)とは日々の活動パターンを形成する相互に關係のある諸活動の流れ(stream)の一つとして位置づけられ、それは何らかの主たる活動が、それ自身ある場所でしか利用できない施設を必要とする際、その活動を達成するために空間的な移動を行う手段としての役割を担うものであることが強調されている。したがって、このアプローチでの主眼は、人の1日の諸活動の連結メカニズムの解明にあり、トリップチェーンという交通行動が内在的に組み込まれた、より広範な人間活動システム(human activity system)の理解を目指しているといえる。(もともと、この分野の発展の由来には、今世紀初頭における社会学者による生活時間予算に関する研究にまでさかのぼることができるが、それが人の毎日の活動パターンの時間的、空間的側面における諸特性という観点に対し、土木計画者、地理学者、建築家などにも興味を持たれるに至ったわけである。) この分野においては、Hemmens(1970)⁸⁾、Hägerstrand(1970,1973)^{6),10)}がその分析フレームにおいて重要ないくつかの概念規定を行っている。Hemmensはその中で人間活動システムをとらえるとき、1日の活動(activities)と交通(trips)に着目し、それを時間(time)、空間(space)、活動(activity)という要素の相互依存關係として眺めるべきであると主張し、以後の諸研究の発展に大きな影響を与えている。また、スウェーデンのHägerstrandも、いわゆる time-space prism と呼ばれる時空間上での活動とトリップの連結状態の記述方法を提案しており、その先駆的評価は高い。その後、トリップチェーンとアクティビティアプローチとの関係をより明確に位置づけることとなったオクスフォード大学のTSU(Transport Studies Unit)によるワークショップが1975年12月に開催された。それは、Heggie(1976)¹⁷⁾により紹介されているが、トリップチェーンのとりえ方が主題であり、Multi-trip and multi-purpose journeysと題するものであり、Jones(1975)¹⁸⁾とHensher(1975,1976)^{15),19)}の論文を中心として、主にアクティビティアプローチにおけるトリップチェーンについて用語の取扱いをも含めた基

礎的概念の整理と、これまでのトリップチェーン研究の事例の比較が行われた。そして、このワークショップの結論としては実務家にとっては、既存のデータを用いてより効果的にトリップチェーンの諸性質を把握する方法論が開発されることが望ましいものの、交通行動に関するより本質的な議論をするための枠組としても、人間活動パターン全体を視野に据えた分析が必要であることが強調された。以後、この主旨に沿った形でTSUによるHuman Activity Approachesと呼ばれる一連の研究がDix(1977)²⁰⁾、Jones(1977,1978)^{22),25)}、Heggie & Jones(1978)²⁶⁾によって展開されるわけであるが、Daws & McCulloch(1974)の分析に見られるように、交通日誌(travel diary)と呼ばれる各個人についての詳細なトリッププロフィールの再現と記述が主たるねらいとなっている。この流れは、例えば、Jones(1980)³⁶⁾により発表されたHATS(Household Activity Travel Simulator)というゲーミング・シミュレーションモデルとしての成果を生むことになり、また、Clarke, Dix, Jones & Heggie(1981)³⁷⁾、Clarke, Dix & Jones(1981)⁴⁶⁾によって世帯とその構成員のアクティビティに関する体系的な記述が展開されている。一方、TSUのvisiting fellowを終えたHensherは、より行動論的アプローチへの傾斜を強くし、交通における選択問題の構造的説明のためのモデル化ならびに非集計選択モデルとの連携を含めた体系化の方向に大きく寄与している。²⁹⁾ Hensher & Dalvi(1978)²⁷⁾、Hensher & Stopher(1979)³³⁾などの文献は、この分野の研究の進展をレビューするのに非常に秀れたものといえる。TSUの活躍を背景として、その他の多彩な研究事例が1975年前後に登場してくる。すなわち、Tomlinson et al(1973)¹²⁾は学生の日常的な活動パターンに対して、個々の活動の発生時刻とそれに関連する諸制約を中心に実証的に分析しており、Bentley et al(1977)²⁴⁾は一週間単位の活動パターンの分析を行っている。また、Toon van der Hoorn(1979)³²⁾、Kobayashi(1976,1979)^{18),31)}などは分析段階から一歩踏み出すべくアクティビティモデルの構築を試みているが、その有効性についてはやや問題を残す。この時期にあって、活動パターンの分析の単位として世帯を強く意識し、以後の研究において少なからぬ影響を与えたのがHanson(1977)²³⁾である。また、彼女は地理学の出身であるが、Household Activity Patternに関する研究(Hanson & Hanson(1981))⁴⁶⁾では世帯内の各構成員の世帯単位の諸活動における役割の重要性について議論を展開している。そしてトリップチェーン研究との関係では、“Multi-purpose journey to work”という言葉を用いて自宅と勤務先との移動パターンとしての通勤・帰宅トリップチェーンの中で、帰宅途中の買物であるとか、オフィスから昼休み中の買物など他のいくつかの活動目的の達成のためのトリップの派生について実証的な分析結果を紹介している。(Hanson(1980)⁴⁰⁾、Hanson(1980)⁴¹⁾、Adiv(1981))⁵¹⁾

1980年代に入るとアクティビティ・アプローチの高揚期ともいえるほど、その研究内容はより分化され、また、他の研究領域との係をより一層深める傾向をもつようになった。その主な流れとしては、①世帯単位の交通行動における構成員間の相互依存性の分析、②時空間上の交通・活動相互関係のモデル化とtime-budgetに関する分析、③各種の政策評価のためのツールとしてのモデルの改良、洗練化に

よる交通需要分析の計画プロセス化があげられる。この中で、①の世帯を単位とした諸分析においては、Burnett & Hanson(1982)⁵⁵⁾ Kitamura & Kostyniuk(1982)⁵³⁾で示唆される life-cycle stage の概念が今後の研究の大きな指針を与えるものといえる。また、②の分析は、いわゆるTime-Space Analysisと呼ばれるもので、Wigan & Morris(1981)⁴²⁾ Kitamura, Kostyniuk et al(1981)⁴³⁾ Supernak & Zahavi(1982)⁵⁴⁾などが実証的分析を通じて意欲的な研究を行っている。また最近では、Kitamura(1984)⁶¹⁾が time-allocation の問題において数学モデルを提案している。この中で活動の種類を自由裁量にまかせられるものとそうでないもの (discretionary/obligatory) に分け、1日の時間に関する予算制約のもとでのこれらの活動の時間配分を効用理論の中でモデル化をする試みがなされている。これらは、他の研究領域との連携が意図されており、今後より実証的展開が期待される。⁶²⁾ ③の流れでは、このアプローチにおける主導的立場をとってきたTSUのグループがやはり中心的であり、⁴⁷⁾ Jones(1981), Carpenter & Jones eds. (1983)⁵⁹⁾ Jones, Dix, Clarke & Heggie(1983)⁵⁸⁾などは、具体的ないくつかのケース・スタディを通じたより実践的なアクティビティ・アプローチからの交通需要分析を手がけ、それらを網羅的に報告している。また、Damm(1980a,b,1982)^{39), 38), 50)}は、この分野の最近の the state of art を包括的にレビューし、また、政策評価のための洗練化の重要性を強調している。この中には、就業開始時刻の変更や、就業時間の変更（週休2日制や週末日の増加策のための勤務時間調整）などの活動そのものに対する時間的制約を伴う諸政策の評価を交通—活動モデルを用いて行っている事例が紹介されており、従来の需要分析手法では対応できない多面的なアプローチの可能性を示唆している。

(3) Utility- Approaches の再考

ここで取上げる Utility-Approaches とは、あくまでもトリップチェーン研究に属するものに限って再考するものであり、例えば、確率効用理論にもとづく非集計選択モデルと呼ばれる諸研究の包括的なレビューを行っていくとするものではない。しかし、交通需要分析の最近の展開を見る限りこうした非集計モデルなどを含めた議論は、たとえトリップチェーンに直接関係しなくても十分重要的な要素をもつものと考えられるので、これらについては後章にて別の形で触れていくことにする。

さて、このアプローチにみられる共通の性質を列举してみると、次のような3点があげられる。

i) 非集計的な選択問題として定式化

ii) トリップメーカーの行動原理に utility-maximizing が仮定されている

iii) モデルの適用の前提として、各種の交通政策に敏感に反応するようなモデル構築

そして、当然のことながらトリップチェーンのもつ性質を十分反映させようとするねらいがある。

Utility- Approaches 自身が比較的新しい研究領域であること、また、それにトリップチェーンの性質を持ち込むことは、それら両方についての基本的理解を前提とする応用分野でもあることから、レビューに耐える研究事例は現在のところわずかである。数多くのトリップチェーンモデルの中でも、ユニ

ークなモデル構造をもつものとして評価されているのは、Adler & Ben-Akiva(1979)²⁹⁾の効用最大化モデルである。これは、Tour 数 (=cycle 数) やトリップチェーン内の Sojourn 数の決定を扱うもので、それらが1日の活動に関する時間予算制約のもとでトレード・オフをもつことを表現することを試みている。モデル構造は簡潔であるものの、トリップチェーンの生成にかかわる主要な要因を組み込んだ定式化の方向を示している。ただし、各訪問地での活動に要する時間、あるいはトリップ時間に関する実証的分析が欠けているため、モデルの前提条件に対する吟味が必要といえる。(なお、この点については、次章であらためて議論したい。) また同時に同じ M.I.T. の Lerman(1979)³⁰⁾は、マルコフ再生理論にもとづくトリップチェーン行動の中で、目的地モード選択に関する非集計選択モデルの適用を試みている。これは、従来のマルコフ・アプローチにおける状態遷移が、確率論的に扱われていてもそれ自身モデル化されていなかった点を大きく改良したものと見えるが、モデル構造の複雑さと集計化の問題解決がほとんど不可能であることから現況記述にとどまっている。また、J. Horowitz(1980)³¹⁾は、1日の中で複数個の訪問先を持ち得る交通行動に対して、その tour-formation に関する効用モデルをやはり非集計選択モデルの適用によって定式化している。ここでのトリップチェーンの性質は、マルコフ・アプローチにおけるトリップの連鎖性と同義なものであることが示されており、より現実的なトリップ連鎖パターンの改良・拡張が期待される。そして最近に至っては、Kitamura(1984)⁶⁰⁾は、非集計目的地選択モデルへのトリップチェーンの性質の内包化に取り組んでおり、期待効用 (expected utility) の考え方の中に、それ以降に続くチェーンの生成によって得られると期待される効用を計上していく方法を提案している。そして、その論文の中での簡単な例題の結果によれば、こうしたトリップチェーンの性質の1つとしての future dependency の導入が目的地選択に有意に影響することが示されている。

このアプローチでは、どちらかと言えばトリップチェーン自身のモデル化としては Adler & Ben-Akiva のモデルだけであり、他の3つの研究は、それを内包化させた非集計選択モデルであると位置づけることができる。

最後に以上の3つの主なアプローチについて、それぞれに属する諸研究の年代順に並べた系譜を図2-4-1 (その1)~(その3)に示す。

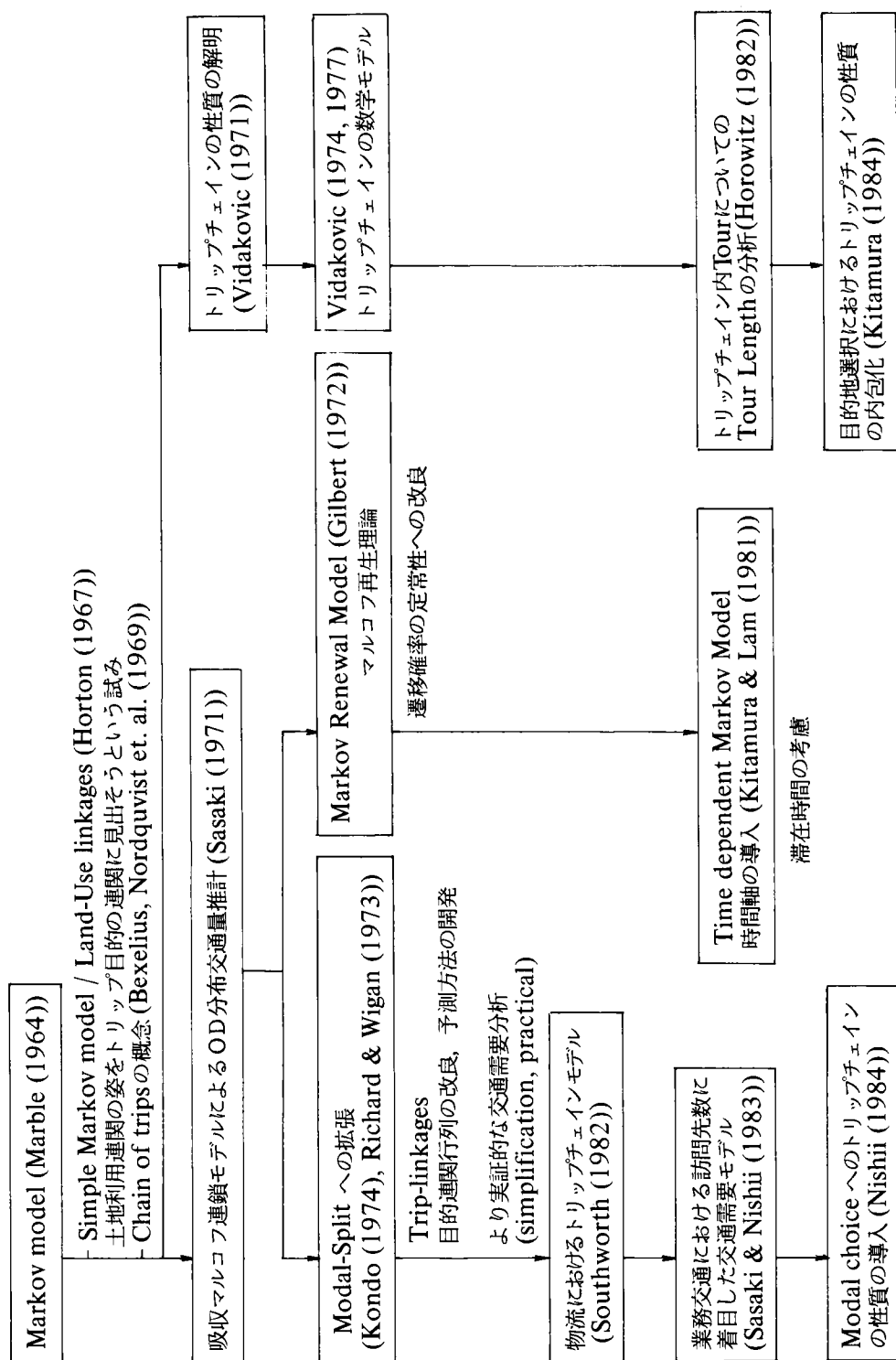


図 2-4-1 (その 1) トリップチェイン研究の系譜
Markovian approaches

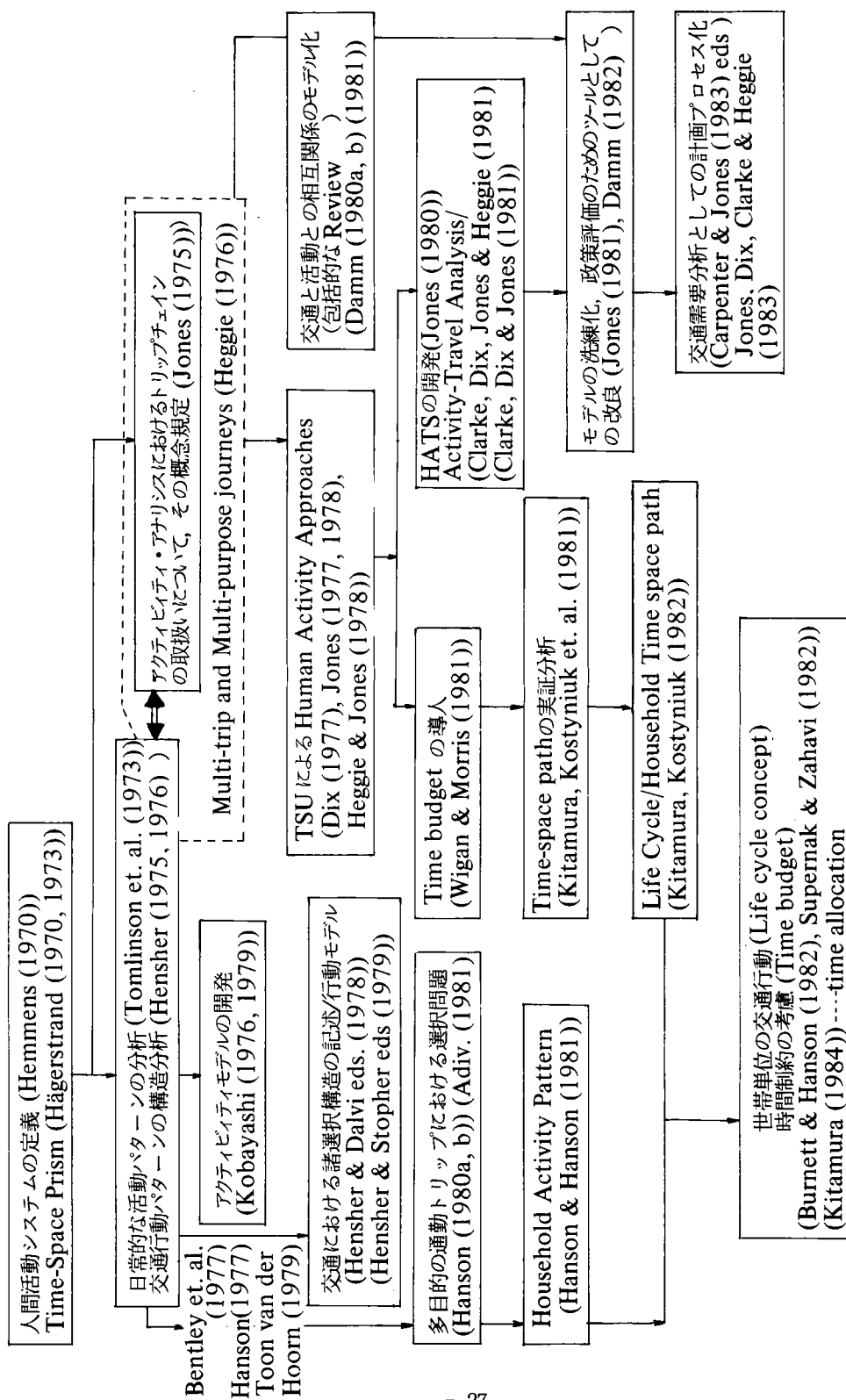
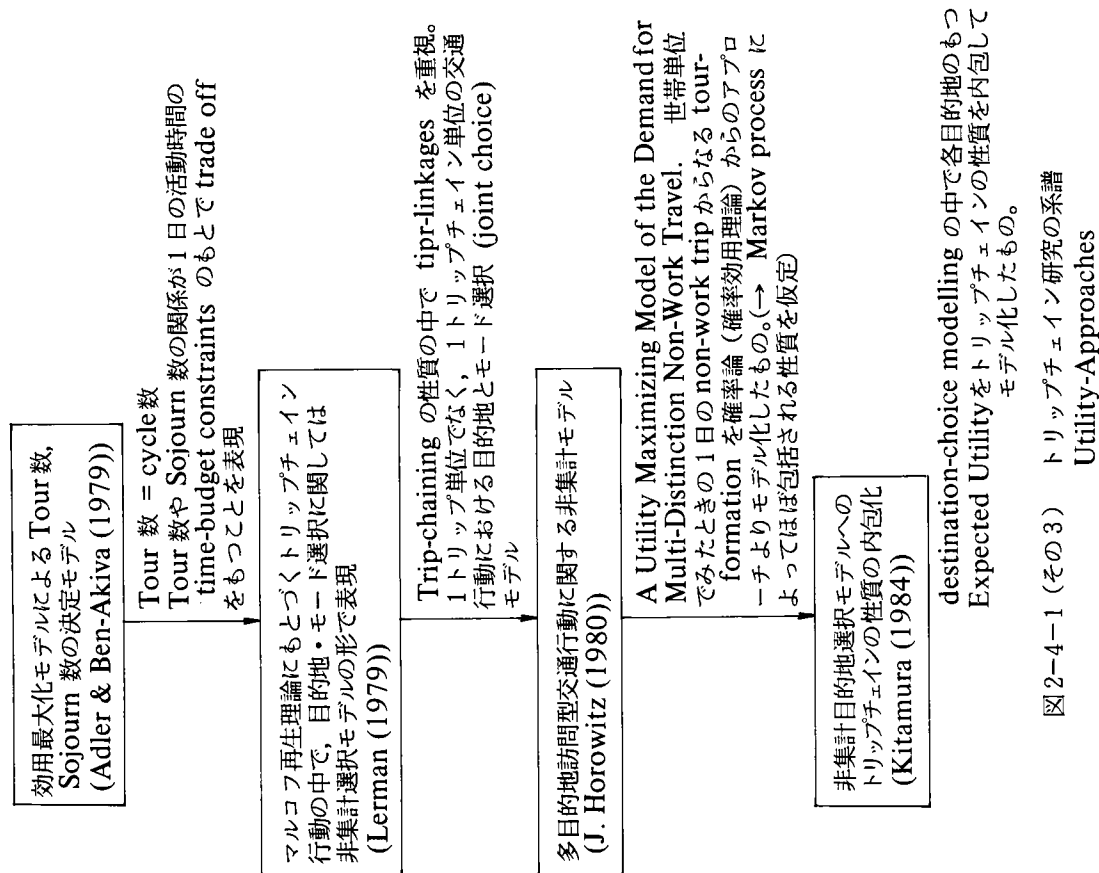


図 2-4-1 (その 2) トリップチェーン研究の系譜
Activity-Based approaches



2-5 結 語

本章では、トリップチェーンの考え方を理解していく上でまずその基本的な概念の整理と、有効性についての認識を明らかにし、次いでこれまでのトリップチェーン研究の歴史的回顧と再考を行ってきた。ここでは、それらにもとづき本研究における立場を明確にしておくことにする。

まずトリップチェーンの表示に関して言えば、本研究全体を通じた基本的な発想であるとも言えることができるのであるが、それは“トリップ連鎖パターン”に大きなウェイトを置いた展開になっていることである。すなわち、トリップチェーンの諸概念の整理において述べたように、トリップ連鎖パターンとは、1つのトリップチェーンをその中に含まれるサイクル数とソージャー数によって類型化されたものを指す。トリップチェーンが本来、人の1日の交通行動を表示しようとするねらいのもとに考え出されたものであるから、ベースを中心としたサイクルの生成とその中で訪問する目的地のそれぞれの数に着目することは、もっとも本質的な性質を前提としているといえる。また、従来のマルコフ・アプローチでは、確率論的な状態遷移の中で結果的にしかトリップチェーンの表示ができなかったことに対して、より視覚的に1日の全体の動きに注目できることも大きな特徴といえ、例えば、1日の中での時間的な制約や諸活動特性などを明示的に取扱い易いという利点を有すると考えられる。トリップ連鎖パターンに関する実態分析やそれに関連する種々の分析結果については、次章にて具体的に紹介されることになるが、そこでは、こうしたトリップ連鎖パターンを規定する諸要因ならびに、それにもとづく需要予測モデルのための基礎的考察が議論の争点となっている。もちろん、こうしたトリップチェーンのとらえ方が唯一のものではなく、例えば、1日を単位とせず1週間や1カ月を単位として眺めていくことも可能であろう。その場合、対象とする諸活動の生成の形態が大きく左右することになり、例えば、通勤トリップや業務トリップなどの派生を生ぜしめる活動は、毎日の定常的なくり返しにより説明ができるので平日の1日単位が基本となろう。それに対して買物という活動の中には、日常的な面と1週間あるいは1カ月を単位とした、とくに世帯全体が関係したものが入る可能性があるため、それに応じた分析フレームも重要となる場合がある。しかしながら、都市域の日常的な活動形態とその中に存在する交通行動パターンを眺める際には、1日という単位が妥当といえよう。

それから、本研究の全体的な位置づけであるが、交通需要分析(travel demand analysis)という比較的守備範囲の広い分野の中で、その相対的重みは需要予測にあるといえる。そのため、先述の3つのアプローチ(すなわち、これまでのトリップチェーン研究の関連する研究領域)の中では、(1)のMarkov Approachesの流れが最も近い関係にある。しかし、最近のMarkov Approachesの展開を見てわかるように、マルコフ理論そのものに固執しているわけではなく、トリップチェーンの諸性質の解明とそれにもとづく需要予測モデルの開発が大きなねらいとなっている。また、このトリップチェーンの諸性質の解明のために具体的に検討される項目の中には、(2)のActivity-based Approachesや(3)のUtility-

Approaches などの接近法も関連が深く、その意味ではトリップチェーン研究としての統合化 (integration) の方向が模索されているものと位置づけできよう。

次章以下では、これまで筆者らによって検討されてきたトリップチェーン研究のいくつかが紹介されていくことになるが、ここでは、本研究のメインテーマであるトリップチェーンの表示、すなわち、トリップ連鎖パターンに着目したアプローチと以下の本論の構成との関係を述べることにより、本研究の位置づけをより明確にしたい。まず次章では、トリップチェーンをトリップ連鎖パターンに着目したときの具体的な実態分析の結果を報告する。これは、これまでの数多くの種類のトリップチェーンデータに対して試みたトリップ連鎖パターンに関する集計分析の比較検討であり、トリップ連鎖パターンを規定する諸要因について、あるいはその基本的な特徴点をいくつかの角度から整理する。次いで、さらに詳細な分析として時間的特性という側面からトリップ連鎖パターンを眺め、本章で紹介した効用理論にもとづくアプローチとの関係を具体的に議論する。次に第4章および第5章では、トリップ連鎖パターンに着目した需要予測モデルの提案とその具体的な適用例を検討する。その中で前半は、交通需要量としての発生集中量あるいはOD分布交通量をトリップチェーン的アプローチより推計するモデルを扱っており、後半は、交通手段選択に関する検討である。いずれも、本研究における主たる成果を示すものであり、とくに本章の中で概略されたトリップチェーンの有効性について詳細に議論されることになる。

第2章参考文献 トリップチェーン研究の外国文献リスト (年代順)

- 1) Marble D.F. (1964) ; “A Simple Markovian Model of Trip Structures in A Metropolitan Region”, The Regional Sci. Associ. Western Section Papers, pp150–156.
- 2) Horton F.E., Schuldiner P.W. (1967) ; “The Analysis of Land-use Linkages”, HRR, No. 165.
- 3) Horton F.E., Wagner W.E. (1969) ; “A Markovian Analysis of Urban Travel Behaviour: Pattern Response by Socioeconomic-occupational Groups”, HRR, No. 283.
- 4) Bexelius S., Nimmerfjord G., Nordqvist S. & Read E. (1969) ; STUDIES IN TRAFFIC GENERETICS, National Swedish Building Research Document No. 2.
- 5) Hemmens G.C. (1970) ; “Analysis and Simulations of Urban Activity Patterns”, Socioeconomic Planning Sciences, Vol. 4, No. 1.
- 6) Hägerstrand T. (1970) ; “What About People in Regional Science?”, Papers of The Regional Science Association, Vol. XXIV, pp7–21.
- 7) Sasaki T. (1971) ; “Estimation of Person Trip Patterns through Markov Chains”, in Transportation & Traffic Flow, ed. by Newell G.F.
- 8) Vidakovic V.S. (1971) ; “A Study of Journey Series: Integrated Interpretation of the Transportation Process”, in Transportation & Traffic Flow, ed. by Newell G.F.
- 9) Gilbert G. et. al. (1972) ; “Markov Renewal Model of Linked Trip Travel Behaviour”, Proc. of ASCE, TE691-704.
- 10) Hägerstrand T. (1973) ; “The Impact of Transport on the Quality of Life”, Introductory Report No. 1, Proc. of the 5th Intl. Sympo. on Theory & Practice in Transport Economics.
- 11) Richard E., Wigan M.R. (1973) ; “Markov Models for the Analysis of Linked Trips over Multimodal Journeys”, TRRL Working Draft.
- 12) Tomlinson J., Bullock N, Dickens P., Steadman & Taylor E. (1973) ; “A Model of Students’ Daily Activity Patterns”, Environment and Planning, Vol. 5, pp231–266.
- 13) Kondo K. (1974) ; “Estimation of Person Trip Pattern and Modal Split”, in Transportation & Traffic Theory, ed. by Buckley D.J.
- 14) Vidakovic V.S. (1974) ; “A Harmonic Series Model of the Trip Chain”, in Transportation & Traffic Theory, ed. by Buckley D.J.
- 15) Hensher D.A. (1975) ; “Multi-trip and Multi-purpose Journeys”, Oxford Univ. TSU W.P. No. 15.
- 16) Jones P.M. (1975) ; “The Analysis and Modelling of Multi-trip Journeys”, Oxford Univ. TSU W.P. No. 6.
- 17) Heggie I.G. (1976) ; “Multi-trip and Multi-purpose Journeys”, Traffic Engg. & Control, Vol. 17, Apr.

- 18) Kobayashi K. (1976) ; "An Activity Model: A Demand Model for Transportation", *Transpn. Res.*, Vol. 10, pp105–110.
- 19) Hensher D.A. (1976) ; "The Structure of Journeys and Nature of Travel Patterns", *Environment and Planning A*, Vol. 8, pp655–672.
- 20) Dix M.C. (1977) ; "Report on Investigations of Household Decision-making Behavior", *Proc. of the 3rd W.C.T.R.*
- 21) Vidakovic V.S. (1977) ; "A Distance Parameter of the Trip-Chain Process", in *Transportation & Traffic Theory*, ed. by Sasaki T.
- 22) Jones P.M. (1977) ; "New Approaches to Understanding Travel Behaviour: The Human Activity Approach", Resource Paper, The 3rd Intl. Conf. on Behavioural Travel Modelling and also in Hensher & Stopher (eds), 1979.
- 23) Hanson S. (1977) ; "Urban Travel Linkages: A Review", Resource Paper, The 3rd Intl. Conf. on Behavioural Travel Modelling and also in Hensher & stopher (eds), 1979.
- 24) Bentley G.A., Bruce A. & Jones D.R. (1977) : "Intra-Urban Journeys and Activity Linkages", *Socio-Econ. Plan. Sci.*, Vol. 11, pp213–220.
- 25) Jones P.M. (1978) ; "Understanding and Modelling Complex Travel Patterns: Critical Review and Alternative Research Strategy", *Oxford Univ. TSU W.P.* No. 36.
- 26) Heggie I.G., Jones P.M. (1978); "Defining Domains for Models of Travel Demand", *Transportation*, Vol. 7, pp119–125.
- 27) Hensher D.A., Dalvi Q. (eds) ; *DETERMINANTS OF TRAVEL CHOICE*, Saxon House, 1978.
- 28) Adler T., Ben-Akiva M. (1979) ; "A Theoretical and Empirical Model of Trip Chaining Behaviour", *Transpn. Res.*, 13B-3, pp243–257.
- 29) Hensher D.A. (1979) ; "Urban Transport Planning: The Changing Emphasis", *Socio-Econ. Plan. Sci.*, Vol. 13, pp95–104.
- 30) Lerman S.R. (1979) ; "The Use of Disaggregate Choice Models in Semi-Markov Process Models of Trip Chaining Behaviour", *Transpn. Sci.* Vol. 13, No. 4, pp273–291.
- 31) Kobayashi K. (1979) ; "An Activity Model and its Validation", in Hensher & Stopher (eds).
- 32) Toon van der Hoorn (1979) ; "Travel Behaviour and The Total Activity Pattern", *Transportation* 8, pp309–328.
- 33) Hensher D.A., Stopher P.R. (eds) (1979) ; *BEHAVIOURAL TRAVEL MODELLING*, Pergamon Press, Oxford.
- 34) Goodwin P.B. (1979–1983) ; "Oxford University Transport Studies Unit Annual Report 1979–80, 1980–81, 1982, 1983", *Traffic Eng. and Control*, 1980–1984 Jan.
- 35) Damm D. (1980) ; "The Integration of Activity and Transportation Analysis for Use in Public Decision-making", *Proc. of The 4th W.C.T.R.*, London, pp1882–1901.

- 36) Jones P.M. (1980) ; “The Use of ‘HATS’ in Transport Education”, The Proc. of the 4th W.C.T.R., London, pp2282–2300.
- 37) Clarke M.I., Dix. M.C., Jones P.M. & Heggie I.G. (1981) ; “Some Recent Developments in Activity-Travel Analysis and Modelling”, TRR794, pp1–8.
- 38) Damm D. (1980) ; “Interdependencies in Activity Behavior”, TRR 750, pp34–40.
- 39) Horowitz J. (1980) ; “A Utility Maximizing Model of The Demand for Multi-Destination Non-Work Travel”, Transpn. Res. Vol. 14B, pp369–386.
- 40) Hanson S. (1980) ; “The Importance of The Multi-Purpose Journey to Work in Urban Travel Behavior”, Transportation 9, pp229–248.
- 41) Hanson S. (1980) ; “Spatial Diversification and Multipurpose Travel: Implications for Choice Theory”, Geographical Analysis Vol. 12, No. 3, pp245–257.
- 42) Wigan M.R., Morris J.M. (1981) ; “The Transport Implications of Activity and Time Budget Constraints”, Transpn. Res. Vol. 15A, pp63–86.
- 43) Kitamura R., Kostyniuk L.P. & Uyeno M.J. (1981) ; “Basic Properties of Urban Time-Space Paths: Empirical Tests”, TRR 794, pp8–19.
- 44) Kitamura R., Lam T.N. (1981) ; “A Time Dependent Markov Renewal Model of Trip Chaining”, in Transportation and Traffic Theory, ed. by Hurdle V.F., Hauer E. & Steuart G.N., pp376–402.
- 45) Clarke M., Dix M. & Jones P. (1981) ; “Error and Uncertainty in Travel Surveys”, Transportation 10, pp105–126.
- 46) Hanson H., Hanson P. (1981) ; “The Impact of Married Women’s Employment on Household Travel Patterns: Swedish Example”, Transportation 10, pp165–183.
- 47) T.S.U., Oxford Univ. (eds) (1981) ; TRAVEL DEMAND ANALYSIS: Activity-Based and Other New Approaches, Proc. of International Conference on Travel Demand Analysis, St. Catherine’s College Oxford.
- 48) Damm D. (1981) ; “Theory and Results of Estimation: A Comparison of Recent Activity-based Research”, Intl. Conf. on Travel Demand Analysis.
- 49) Jones P.M. (1981) ; “The Practical Application of Activity-based Approaches in Transport Planning: An Assessment”, Intl. Conf. on Travel Demand Analysis.
- 50) Adiv A. (1981) ; “The Structure of The Work-trip Based on Analysis of Trip Diaries in The San Francisco Bay Area”, Intl. Conf. on Travel Demand Analysis.
- 51) Southworth F. (1982) ; “An Urban Goods Movement Model: Framework and Some Result”, Papers of The Regional Science Association, Vol. 50, pp165–184.
- 52) Horowitz A.J. (1982) ; “A Comparison of Socio-economic and Structural Determinants of Trip Tour Length”, Papers of The Regional Science Association, Vol. 50, pp185–195.
- 53) Kostyniuk L.P., Kitamura R. (1982) ; “Lift Cycle and Household Time-Space Paths: Empirical Investigation”, TRR879, pp28–36.

- 54) Supernak J., Zahavi Y. (1982) ; "Travel-Time Budget: A Critique", TRR 879, pp15–28.
- 55) Burnett P., Hanson S. (1982); "The Analysis of Travel as An Example of Complex Human Behavior in Spatially-constrained Situations: Definition and Measurement Issues", by Transpn. Res. Vol. 16A, No. 2, pp87–102.
- 56) Damm D. (1982) ; "Parameters of Activity Behavior for Use in Travel Analysis", Transpn. Res. Vol. 16A, No. 2, pp135–148.
- 57) Sasaki T., Nishii K. (1983) ; "Estimation of Business Car Trip Generation by A Trip Chaining Model", The 5th W.C.T.R., Hamburg. pp376–390.
- 58) Jones P.M., Dix M.C., Clarke M.I. & Heggie I.G. (1983) ; UNDERSTANDING TRAVEL BEHAVIOUR, ed. by Oxford Studies in Transprt.
- 59) Carpenter S., Jones P.M. (eds) ; RECENT ADVANCES IN TRAVEL DEMAND ANALYSIS, Gower, Aldershot, England, (1983).
- 60) Kitamura R. (1984) ; "Incorporating Trip Chaining into Analysis of Destination Choice", Transpn. Res. Vol. 18B, No. 1, pp67–81.
- 61) Kitamura R. (1984) ; "A Model of Daily Time Allocation to Discretionary Out-of-Home Activities and Trips", Transpn. Res. Vol. 18B, No. 3, (forthcoming).
- 62) Kostyniuk L.P., Kitamura R. (1984); "Urban Travel Patterns: Regional and Temporal Stability", Transport Policy and Decision Making, Vol. 4 (forthcoming).

•

第2章参考文献 トリップチェーン研究の国内文献リスト（年代順）

- 63) 佐佐木綱：パーソントリップパターンの1分類法，「交通工学」4-1，1969年
- 64) 近藤勝直：都市内の交通機関別OD交通量の推定に関する研究，京都大学修士論文，1972年3月
- 65) 佐佐木・近藤：連鎖トリップにおけるモーダルスプリット，土木学会年講概要集，1972年
- 66) 加藤・宮城：マルコフ再生理論による都市交通モデル，土木学会年講概要集，1974年
- 67) 京阪神都市圏パーソントリップ調査委員会：「トリップ生成の解析」，1974年
- 68) 佐佐木綱：「都市交通計画」第6章第6節，国民科学社，1974年
- 69) 松井寛：交通目的連関行列を用いた発生集中交通量の一推定法，「交通工学」11-1，1976年
- 70) 近藤勝直：トリップチェーンの記述と予測，土木学会年講概要集，1976年
- 71) 宮城俊彦・加藤晃：交通関連行動時間を考慮した都市交通需要推計モデル「土木学会論文報告集」No. 254，1976年10月
- 72) 近藤勝直：「トリップチェーン手法を用いた都市交通需要推計プロセス」京都大学学位論文，1977年1月
- 73) 小川裕章・松原重昭：東京都市圏における自動車の使われ方：トリップチェーンによる分析，「道路」1977年2月号
- 74) 近藤勝直：トリップ目的間遷移確率行列の将来予測法，「土木学会論文報告集」No. 278，1978年
- 75) 近藤勝直・上野義弘：時空間におけるトリップチェーンの記述モデル「土木学会論文報告集」No. 287，1979年
- 76) 姫野侑：都市交通の構造，「交通学研究・研究年報」日本交通学会，1979年10月
- 77) 原田昇・太田勝敏：交通行動とTravel Time Budget，同上，1980年
- 78) 鈴木忠義・肥田野登・他：地方都市における住民の行動特性に関する研究，同上，1980年
- 79) 芦沢哲蔵：世帯における自動車保有台数と世帯員の交通行動との関係，同上，1980年
- 80) 佐佐木綱・西井和夫：“都市内における自動車トリップパターンの分析”，第33回JSCE年次学術講演会概要集（第IV部門）pp. 55～56，1978年
- 81) 佐佐木綱・西井和夫：“企業規模に着目した都市内業務トリップチェーンの分析”，第34回JSCE年次学術講演会概要集（第IV部門）pp. 76～77，1979年
- 82) 佐佐木綱・西井和夫・山崎聡一：“訪問先に着目した都市内業務交通の発生集中量の推計”第35回JSCE年次学術講演会概要集（第IV部門）pp. 75～76，1980年

- 83) 佐佐木綱・西井和夫・松浦章：“物資流動にもとづく都市内貨物車OD交通量に関する考察”
昭和55年度JSCE関西支部年次学術講演会概要集，Ⅳ-10-1～Ⅳ-10-2，1980年
- 84) 佐佐木綱・西井和夫・稲松敏彦：“貨物車運行パターンに着目した都市内物資流動分抄”昭和55年度JSCE関西支部年次学術講演会概要集，Ⅳ-11-1～Ⅳ-11-2，1980年
- 85) 佐佐木綱・西井和夫・宇田将司：“最短巡回問題に帰着した都市内業務交通のOD分布量推計モデル”，第36回JSCE年次学術講演会概要集（第Ⅳ部門）pp.381～382，1981年
- 86) 佐佐木綱・近藤勝直・西井和夫・川田均：“1日のトリップパターンからみた交通機関選択に関する基礎的考察”，一地方都市圏（備後圏）P.T調査より—第4回土木計画学研究発表会講演集，pp.456～460，1982年
- 87) 西井和夫・内達朗：“トリップチェーンデータを用いた交通機関選択に関する基礎的分析”昭和57年度JSCE関西支部年次学術講演会概要集，Ⅳ-50-1～Ⅳ-50-2，1982年
- 88) 西井和夫：“都市内貨物車の1日の運行パターンに関する基礎的考察”，KIIIS（財）関西情報センター発行）Vol.42，pp.1～8，1982年
- 89) 佐佐木綱・西井和夫：“トリップチェーン手法を用いた都市内業務交通の発生集中量の分析”土木学会論文報告集，No.327，pp.129～138，1982年
- 90) 佐佐木綱・井上矩之・西井和夫・他編：昭和55年，昭和56年度，文部省科学研究費試験研究(2) No.00585157「物資流動パターン分析にもとづくトリップ変換モデルに関する研究」研究成果報告書，第4章 都市内貨物車運行パターンに関する基礎的分析，pp.64～88，1982年
- 91) 佐佐木綱・西井和夫・川田均：“幹線街路の歩行者専用化による都市内自動車交通への影響分析，一土曜日をケース・スタディとして—”，第5回土木計画学研究発表会講演集，pp.104～110，1983年
- 92) 近藤勝直：“交通需要分析の新展開—活動連結メカニズムの解明—”，交通学研究，1981年研究年報，pp.109～122，1981年
- 93) 近藤勝直：“交通需要分析とアクティビティ・アプローチ”，六甲台論集，Vol.28，No.2，pp.107～122，1981年
- 94) 近藤勝直：“交通論と交通工学の接点”，「交通学説史の研究」，第10章，成山堂，pp.391～426，1982年
- 95) 米谷栄二・近藤勝直・河本義彦：“交通行動パターンの吸収マルコフモデル”，福山大学工学紀要，Vol.4，pp.65～76，1982年
- 96) 西井和夫：“都市内自動車交通抑制策が交通行動パターンに及ぼす影響の分析”，昭和57年度文部省科学研究費奨励研究（A）研究成果報告書，No.57750472，1983年

- 97) 西井和夫・薬師寺清幸・植林俊光：“1日の交通行動パターンに着目した交通手段選択モデル”
昭和59年度 JSCE 関西支部年次学術講演会概要集，IV－42－1～IV－42－2，1984 年
- 98) 西井和夫・井上敬三・河辺隆英：“トリップ連鎖パターンの生成に関する基礎的考察”
—業務トリップチェーンデータを対象として—，昭和59年度 JSCE 関西支部年次学術講演会概要集，IV－36－1～IV－36－2，1984 年
- 99) 佐佐木綱・西井和夫・井上敬三：“トリップ連鎖パターンを考慮した業務交通需要予測モデル”，
第39回JSCE年次学術講演会概要集（IV），pp. 283～284，1984 年
- 100) 西井和夫・佐佐木綱：“トリップチェーン手法を用いた都市交通需要分析—その有効性と枠組みについて—”，第7回土木計画学研究発表会，講演集，pp. 271～278，1985 年

第3章 トリップ連鎖パターンに関する実態分析

3-1 概 説

本章では、トリップチェーンの表示法の一つとしてのトリップ連鎖パターンに着目した考え方にもとづき、とくにトリップチェーンの生成に関する実態分析を行うことを目的とする。トリップチェーンの表示の際にトリップ連鎖パターンに着目することの利点を整理すれば、次のような諸点をあげることができる。すなわち、

- 1) 人の1日全体としての一連の動きをより視覚的な形で、わかり易く把握することができる。
- 2) ここでのトリップ連鎖パターンがチェーン内のサイクル数やソージャー数により類型化されたものといえるので、交通行動におけるベース、サイクルおよびソージャーのそれぞれの役割や規定力をトリップチェーンの生成特性と関連づけて議論することができる。
- 3) 都市域における代表的なトリップ連鎖パターンを見出すことにより、かつそれらの基本的な性質を理解することができれば、交通需要分析を進める上でより本質的な部分にまでさかのぼって検討できる。

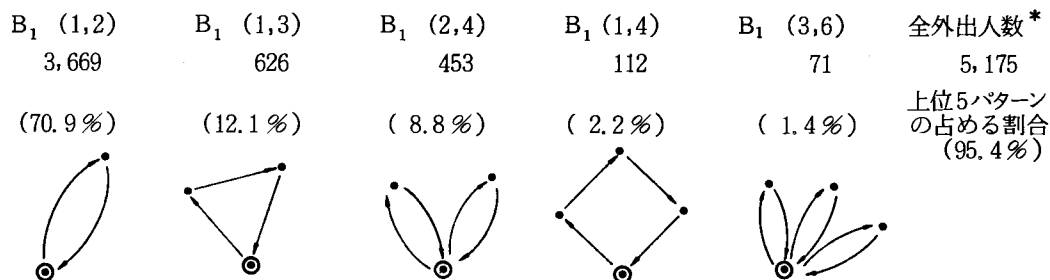
そこで具体的な実態分析に入る前に、これまでになされてきたトリップチェーンの実態分析の中でとくにこうしたトリップ連鎖パターンに着目した諸分析のいくつかを紹介し、本章での分析との関連を明らかにしておくことにする。

まず、人の1日の交通パターンの分類を手がけた最初の事例としては、佐佐木(1969)¹⁾による神戸市のパーソントリップデータに対して行われたものであろう。これは、それ以後の吸収マルコフ連鎖モデルの開発のパイロットスタディとしての位置づけられるものであるが、ベース(base)とサイクル(cycle)の概念を明らかにするとともに、それらをもとに交通パターンの分類とその職種別あるいは平日・休日の相違についての実証的検討を行っている。

その結果、1日の交通パターンの分類はベースの種類(自宅ベース B_1 、勤務先ベース B_3)とその数(単一ベース、二重ベース)、サイクル数 C およびそのトリップ数 N によって行うのが便利であるとし、自宅ベースの交通パターン $B_1(C, N)$ および勤務先ベースの交通パターン $B_3(C, N)$ の職種別に分類を行ったところ、代表的なパターンとして図3-1-1に示すパターンを得た。

また、ベースにおける外出者の平均サイクル数・平均トリップ数を職種別(表3-1-1 参照)に求めてみると、交通パターンの種類の上では職種による差異を明確に見出すことができなかったのに対し、外出率、平均サイクル数、平均トリップ数には多少の差があることが示され、交通生成におけるトリップチェーン的アプローチの意義が示唆された。

自宅ベース



*ただし、交通パターン $B_1(C,N)$ ($C \leq 3, N \leq 6$)

勤務先ベース

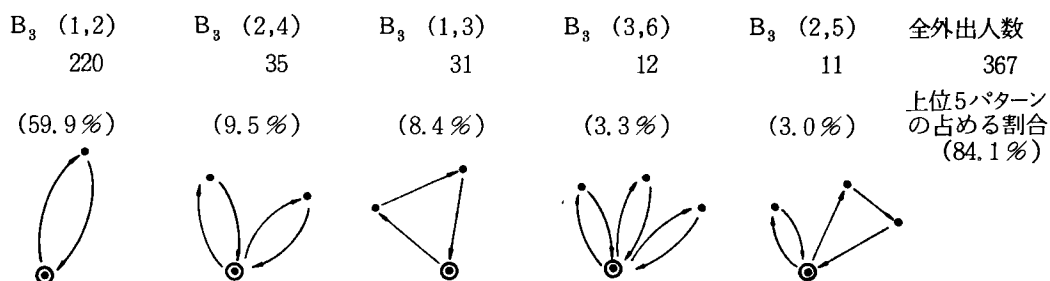


図3-1-1 パーソントリップの交通パターンの分類結果

表3-1-1 ベースにおける外出者の平均サイクル数と平均トリップ数

		役員・ 管理職	事務職	第1次	第2次 労務	第3次 労務	自営業 営主	自由業	学 生	主 婦	無 職	全 体
自宅 ベース	平均サイクル数	1.071	1.066	1.418	1.054	1.148	1.302	1.371	1.068	1.260	1.224	1.139
	1サイクル当り 平均トリップ数	2.331	2.294	2.062	2.138	2.221	2.355	2.178	2.152	2.121	2.129	2.228
勤務先 ベース	平均サイクル数	1.422	1.371	—	1.024	1.375	1.667	1.000	—	—	—	1.361
	1サイクル当り 平均トリップ数	2.449	2.323	—	2.274	2.244	2.306	2.000	—	—	—	2.344

なお、こうした交通パターンにおける基本的パターンに着目しそれらを重合して多くの人達の動きを記述しようという試みは、その後、佐佐木・岡本(1971)²⁾の研究を経て、吸収マルコフ連鎖モデルとしての体系化を見ることがになるが、トリップ連鎖パターンの実証的分析例としては、近藤(1972)³⁾、小川・山形・渡部(1975)⁴⁾によっても各都市圏で実施されたパーソントリップ調査データ^{5), 9), 10)}を対象にな

された。一方、自動車の使われ方に関するトリップチェーン分析は、昭和49年度全国交通情勢調査データをもとに、東京都市圏（小川・松原(1977)⁶⁾）、および大阪市(1976)⁶⁾の両都市域において、主に自動車交通抑制策（都心部での駐車規制あるいは流入抑制）に関連した基礎的検討を目的になされた。この中で、小川・松原(1977)の研究では、チェーン内の目的構成に着目した目的パターン分類および都心部混雑地域への流動にもとづく運行パターン分類が主眼となっている。とくに、車の使われ方に関して表3-1-2（その1）の示す目的パターンの8種類の類型化により、その中で通勤のみに使われるマイカー通勤利用形態の削減可能性を検討している。したがって、トリップ連鎖パターンといった1日の動き方に関する分析というよりむしろ目的構成へのウェイトが高いため、チェーン内でどれだけのトリップが生成されるかの量的な差異（変動）を説明するものではない。

次に登場してくるのが筆者らによる一連のトリップチェーンにおけるトリップ連鎖パターンに関する実証的な諸分析である。それらの中で用いられたデータの種類の、大別してカートリップチェーン、パーソントリップチェーン、物資流動調査からの貨物車トリップチェーンの3種類である。カートリップチェーンに関しては、昭和49年度全国交通情勢調査近畿地区OD調査より、京都市および大阪府を対象とした分析^{11), 12), 13)}がなされ、次節で詳述されるトリップ連鎖パターンの実態把握が試み

られた。また、昭和50年度京阪神物資流動調査データをもとに貨物車の1日の運行特性とトリップ連鎖パターンとの関係およびそれにもとづく貨物車OD量予測に関する検討^{14), 15), 16), 17)}がなされた。そして、パーソントリップチェーンに関しては、地方都市圏におけるP.T.調査データとしての昭和53年度備

表3-1-2（その1）目的パターン分類表

目的パターン 交通目的	1	2	3	4	5	6	7	8
出 勤 登 校	○	○	○	○	×	×	×	×
業 務 A	×	○	×	○	×	○	×	○
業 務 B	×	×	○	○	×	×	○	○

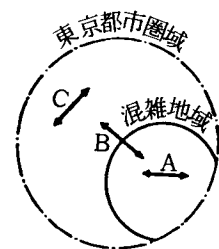
注) ただし、○：1日のトリップのなかに当該交通目的のトリップが含まれている場合。

×：1日のトリップのなかに当該交通目的のトリップが含まれていない場合。

表3-1-2（その2）運行パターン分類表

運行パターン	内 容
A	混雑地域内のみで運行している車
B	混雑地域の内および外にトリップエンドを持つ車（一度は混雑地域境界を切るトリップを持つ車）
C	混雑地域の外のみでトリップエンドを持つ車（混雑地域を通過するトリップを持つ可能性を含む）
D	運行パターンB、Cのうち都心3区にトリップエンドを持つ車

注) ただし、ここで言う混雑地域とは東京都市圏物資流動調査の際に定義された地域のうち、東京都にある区分であり、具体的には東京23区練馬、板橋、北、足立、葛飾、江戸川の6区を除く17区。



運行パターン図

後都市圏P.T.調査データを対象としてトリップ連鎖パターンと手段選択との関係が^{18), 19), 20)}基礎集計分析ならびに要因分析によって検討された。さらに第2回目にあたる昭和55年度京阪神都市圏P.T.調査データが利用可能となった時点において、昭和45年度の第1回同圏域P.T.調査データとの比較をも兼ねてトリップ連鎖パターンの基礎分析が行われた。なお、この結果についても次節にて詳しく述べられる²¹⁾。そして、昼間の業務活動との関連で実施された昭和55年度業務P.T.調査データをもとに、トリップ連鎖パターンと1日の活動時間配分との関係についての基礎的な考察が^{22), 23)}第2章で述べたアクティビティ・アプローチやtime-allocationとの関連で進められた。この点に関しては第3節にてその結果を紹介したい。

したがって、次節以降では、これまで筆者らがトリップチェーンに関する諸分析の中で、とくにトリップ連鎖パターンの実態分析に関連したものを整理して紹介することにし、それを通じて、本研究における主たる着眼点である“トリップ連鎖パターン”という概念の基本的理解を深めることとする。なお、その他の諸分析については、次章以降の具体的なモデル構築の前提をなす場合が多いので、それらはそれぞれに該当するところにて詳述していくことにする。

3-2 代表的なトリップ連鎖パターンの類型化

3-2-1 カートリップチェーンに関する分析

ここでは、自家用車のオーナーインタビュー調査として知られている交通情勢調査の中で、トリップチェーンの形でファイル化されている昭和49年度近畿地区データより京都市関連トリップチェーンを抽出し、次いでそれらのトリップ連鎖パターンの類型化を試みた。この京都市関連トリップチェーンデータとは、個々のトリップチェーンでチェーン内トリップエンドの少くとも1回が京都市にあるものを指す。なお、この分析でのベースは、次の2種類を定義している。

1st-base …… 対象トリップチェーンデータにおける第1トリップの発地

2nd-base …… 対象トリップチェーンデータにおいて通勤目的トリップがあればその着地

これは、第2章で述べたベースの定義のうち、分析対象圏域に関連するトリップチェーンデータについての場合に考えられるものに対応している。すなわち、本分析が自動車利用のトリップチェーンを前提としているため、その車による第1トリップの発地が1日の動きの本拠地の意味を持つこと、そしてもし対象圏域に通勤トリップにより流入した場合には、勤務先を新たなベースとした二次的な動きがなされる可能性をもつので、その際には2nd-baseとして区別する方が便利であるからである。この意味でパーソントリップという人に着目する場合と、車に着目してその使われ方を眺めていく場合に若干取扱いが異ってくるのである。また、当然のことながらデータの情報として、パーソントリップデータと異なり、“ベース”そのものの項目を持つわけでないため、例えば、トリップチェーンの完結性、すなわ

ち、最終トリップでベースに戻ったかどうかといった判断は、着地のゾーンコードと施設コードが第1トリップの発地コードと施設コードと一致するかによってしかなされないなど、データ処理上の取扱いも違ってくることになる。

表3-2-1(その1) 京都市関連トリップチェーンにおけるトリップ回数別度数分布

トリップ回数	トリップチェーン数(%)	トリップ数(%)
1	9,828 (4.2)	9,828 (1.3)
2	115,335 (49.5)	230,670 (30.1)
3	32,214 (13.8)	96,642 (12.6)
4	26,211 (11.3)	104,844 (13.7)
5	14,276 (6.1)	71,380 (9.3)
6	11,391 (4.9)	68,346 (8.9)
7	7,733 (3.3)	54,131 (7.1)
8	13,249 (5.7)	105,992 (13.8)
9以上	2,546 (1.1)	24,561 (3.2)
計	232,783 (100.0)	766,394 (100.0)

トリップ回数	トリップチェーン数(%)	トリップ数(%)
1	38,294 (3.5)	38,294 (1.1)
2	554,066 (50.1)	1,108,132 (31.0)
3	156,814 (14.2)	470,442 (13.2)
4	137,039 (12.4)	548,156 (15.3)
5	76,566 (6.9)	382,830 (10.7)
6	53,522 (4.8)	321,132 (9.0)
7	32,688 (3.0)	228,816 (6.4)
8	50,056 (4.5)	400,448 (11.2)
9以上	7,347 (0.7)	73,092 (2.0)
計	1,106,392 (100.0)	3,571,422 (100.0)

ここで、具体的なトリップ連鎖パターンの分類に入る前に、対象データの基礎諸量を紹介する。

まず、京都市関連および大阪府関連トリップチェーンデータのトリップ回数分布を表3-2-1、京都市関連トリップチェーンの業種別平均トリップ回数を表3-2-2に示す。

これより、トリップ回数が9回以上（京都市関連トリップチェーンデータでは最高24回のもので見られた）になると極端に減少し、トリップ回数の9回以上のトリップチェーンが全体に占める割合はトリップ数ベースで3.20%、またチェーン数ベースで1.09%にしか過ぎない。この傾向は後述のパーソントリップあるいは物資流動における貨物車トリップにおいても同様であり、通常

表3-2-2 業種別平均トリップ回数

業	種	平均トリップ回数
1	農 林 漁 業	2.88
2	鉱 業	2.67
3	建 設 業	3.45
4	製 造 業	3.96
5	卸 売 業	4.14
6	小 売 業	4.15
7	金融・保険・不動産業	4.28
8	運 輸 通 信 業	3.27
9	電 気 ・ ガ ス ・ 水 道 業	3.77
10	サ ー ビ ス 業	3.75
11	公 務	4.41
12	そ の 他	4.06
13	個 人	3.02
14	不 明	3.83
全	業 種	3.29

のトリップチェーンの分析では、トリップ回数として8回ないし9回までのデータを考えておけば十分である、と言える。なお、表3-2-2に示されているように全体としては平均トリップ回数3.29(回/台)であるが、業種により1日の動きの頻度が異なっていることがわかる。次にトリップ回数8回までの完全トリップチェーンを対象にして、チェーン内トリップ数別、サイクル数別のクロス集計結果を表3

-2-3 に示す。なお参考として、S.45年度京阪神P.T.調査データより京都市在住のサンプルについての同様の集計結果も併せて記す。²⁵⁾これより、カートリップチェーンの場合1サイクル2トリップのピストン型(55.6%) 1サイクル3トリップのトライアングル型(13.8%), 1サイクル4トリップ(7.7%), 2サイクル4トリップ(4.2%), 1サイクル5トリップ(4.1%)と上位5パターンの累積で85.4%を占めるが、これ以外の交通パターンも比較的多く見られる。

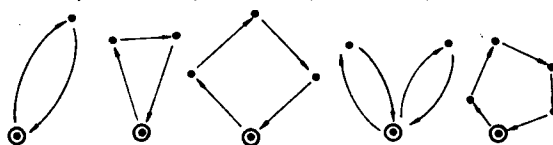
一方、パーソントリップの場合、神戸市の場合と同じく上位5パターンで92.2%とほぼこれらの代表的な交通パターンに絞られることがわかる。したがって、カートリップチェーンの方がパーソントリップチェーンの場合に比較してそのトリップ連鎖パターンの多様性を読み取ることができよう。

次にトリップ連鎖パターンの分類結果として、第1トリップ目的別にトリップ

表3-2-3 サイクル数別トリップ回数別トリップチェーン数
(その1) (単位:台(S49 自動車))

トリップ サイクル	1	2	3	4	計
2	(1) 96,841				96,841
3	(2) 24,103				24,103
4	(3) 13,477	(4) 7,264			20,741
5	(5) 7,095	3,512			10,607
6	4,546	2,226	1,533		8,305
7	3,333	1,099	877		5,309
8	4,303	1,542	1,708	578	8,131
計	153,698	15,643	4,118	578	174,037

1位 96,841 (55.6%) 2位 24,103 (13.8%) 3位 13,477 (7.7%) 4位 7,264 (4.2%) 5位 7,095 (4.1%) 上位5パターン合計 148,780 (85.4%)

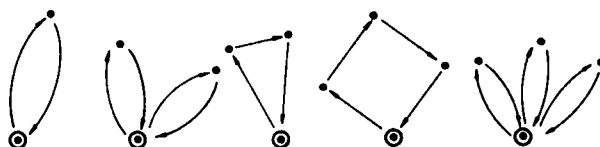


(その2)

(単位:人(1970 京都))































トリップ サイクル	1	2	3	4	計
2	(1) 21,097				21,097
3	(3) 2,144				2,144
4	(4) 1,584	(2) 3,577			5,161
5	488	411			899
6	428	211	(5) 492		1,131
7	236	102	104		442
8	249	56	60	101	466
計	26,226	4,357	656	101	31,340

1位 21,097 (67.3%) 2位 3,577 (11.4%) 3位 2,144 (6.8%) 4位 1,584 (5.1%) 5位 492 (1.6%) 上位5パターン合計 28,894 (92.2%)



回数が8回までのトリップチェーンを対象に行い、その上位10パターンを表3-2-4に示す。(なおこの

表3-2-4 京都市関連トリップチェーンデータ(カートリップ)における
第1トリップ目的別パターン分類(上位10位まで)

通 勤			業務(物なし)			業務(物あり)		
順位	パター ン	トリップ数	順位	パター ン	トリップ数	順位	パター ン	トリップ数
1		103,246 (41.4)	1		24,388 (18.8)	1		51,784 (16.1)
2		20,280 (8.1)	2		14,373 (11.1)	2		33,228 (10.3)
3		12,644 (5.1)	3		6,968 (5.4)	3		18,012 (5.6)
4		12,112 (4.9)	4		6,408 (4.9)	4		16,952 (5.3)
5		7,984 (3.2)	5		5,800 (4.5)	5		14,414 (4.5)
6		6,880 (2.8)	6		4,496 (3.5)	6		12,824 (4.0)
7		5,768 (2.3)	7		3,726 (2.9)	7		11,421 (3.6)
8		4,815 (1.9)	8		3,590 (2.8)	8		11,155 (3.5)
9		3,790 (1.5)	9		3,128 (2.4)	9		9,488 (3.0)
10		3,524 (1.4)	10		2,544 (2.0)	10		7,896 (1.5)

注) 表中()中は第1トリップ目的ごとの各パターンの全体に占める割合(%)

分類では、トリップチェーンの完結率が75.8%と低いために、不完全トリップチェーンのうち一旦ベース（1st-base）に戻ってくるものがあれば、そこまでを完全型とみなして分類することにし、一度も戻らないものだけをそのトリップ回数別に不完全型として分類している。）その結果、

- ① トリップ連鎖パターンの上位は、第1トリップ目的にかかわらずピストン型（1サイクル2トリップ）、トライアングル型（1サイクル3トリップ）、ダブルピストン型（2サイクル4トリップ）そして巡回型（1サイクル4トリップ以上）などの代表的なものにおいて占められている。
- ② 第1トリップ目的が通勤の場合、不完全型は少なく、2nd-base上でのサイクルを有するパターンが比較的多い。これは、勤務先をベースとした業務トリップから形成されていることが後述するチェーン内のトリップの目的構成からも読み取ることができ、1st-baseとは異なる役割を担っているものと解釈できる。
- ③ 第1トリップ目的が業務A（人のみによる業務トリップ）あるいは業務B（業務A以外の業務トリップ）の場合、全体に占めるピストン型の割合が小さく、それだけ他の巡回型に近いトリップ連鎖パターンが多く見られている。また、業務Bにあっては荷物の搬入搬出を伴うため、第1トリップの発地と最終トリップの着地が一致しない不完全型が比較的大きな割合を持つことがわかる。

次に、第1トリップ目的別の各トリップ連鎖パターンにおける目的構成を調べることにし、その結果の一部としてトリップ回数8回までの完全トリップチェーンによるトリップ連鎖パターンの中で、トリップ回数2回から5回までの11パターンそしてトリップ回数6回～8回までのそれぞれ上位5パターンずつ計26パターンの各々について（トリップ回数-1）回分の各トリップにおける目的構成（目的コード）の主なものを表3-2-5に示すことにする。これより、

- ④ 通勤型の場合、2nd-base上でのサイクル内はそのほとんどが業務A、（業務B）から成りトリップ目的の変更はほとんど見られない。また、1st-base上の巡回型においても、その後のトリップ目的は業務A（業務B）が多く、かつ目的の変更はやはり少ない。



























なお、自由目的が含まれるのは、1st-baseと2nd-baseを結ぶトライアングル型サイクル、ベースに戻った後の自由サイクル（ほとんどピストンタイプ）、1サイクル巡回型の場合がほとんどである。

- ⑤ 第1トリップ目的が業務Aあるいは業務Bである場合、その後のトリップにおいて目的の変更はほとんどなく、例えば、業務Aで出発した車はベースに戻るまで業務Aを連ねる傾向にあるといえる。なお、業務Aから業務Bあるいはその逆といった業務内容の変更に伴うトリップ目的の変化はサイクル内の途中のトリップ間で生じるのではなく、ほとんど一旦ベースに戻って再出発するときが多く、業務活動特性の影響を反映しているものと思われる。また、自由トリップの介在はサイクル内ではほとんど見られず、やはりピストン型自由サイクルの形で現われる場合に限られる。

表3-2-5(その1) 主なトリップ連鎖パターンにおけるトリップ目的構成

第1トリップ目的 …… 通勤

注) 各パターンの表中の数字はチェーン数を示す。

パターン	目的コード	%	トリップ目的の順序	パターン	目的コード	%	トリップ目的の順序
A  102480	0001	99.6	出-帰	G  3730	3001	21.0	出-A-A-A-帰
					0301	18.0	出-B-B-B-帰
					1201	10.7	出-A-B-B-帰
					0013	8.2	出-他-他-自-帰
B  19962	0002	43.6	(例) 出-出-帰	H  2490	0004	27.9	出-帰-出-出-帰
	1001	22.2	出-A-帰		0013	16.3	出-帰-出-自-帰
	0101	18.0	出-B-帰		1003	13.9	出-帰-出-A-帰
	0011	14.6	出-自-帰		0022	7.6	出-帰-自-自-帰
C  12644	2001	33.2	出-A-A-帰	I  2095	3001	21.5	出-A-A-A-帰
	0201	31.6	出-B-B-帰		0202	13.6	出-B-B-帰-帰
	0003	12.6	出-他-他-帰		0301	11.2	出-B-B-B-帰
					0013	8.8	出-他-他-自-帰
D  6816	0201	25.5	出-B-B-帰	J  1770	0022	17.2	出-自-帰-自-帰
	0003	18.6	(例) 出-他-他-帰		0013	14.7	出-出-帰-自-帰
	2001	15.9	出-A-A-帰		0112	14.1	出-B-帰-自-帰
	0012	9.5	出-自-帰-帰		2002	13.6	出-A-帰-A-帰
E  6816	0003	40.4	出-帰-出-帰	K  1270	0004	12.4	出-出-帰-出-帰
	0012	27.4	出-帰-自-帰		0301	26.4	出-B-B-B-帰
	1002	16.4	出-帰-A-帰		3001	19.3	出-A-A-A-帰
					0202	18.9	出-B-B-帰-帰
F  4740	0301	42.7	出-B-B-B-帰	L  2862	2002	11.8	出-A-A-他-帰
	3001	22.8	出-A-A-A-帰		0401	42.6	出-B-B-B-B-帰
	0022	5.1	出-他-他-他-帰		4001	18.7	出-A-A-A-A-帰
					2201	10.7	出-A-A-B-B-帰
M  2190	4001	15.6	出-A-A-A-A-帰	S  987	0501	30.5	出-B-B-B-B-B-帰
	0005	15.6	出-他-他-他-他-帰		5001	17.0	出-A-A-A-A-A-帰
	2003	14.0	(例) 出-他-A-A-他-帰		4002	14.2	出-A-A-A-A-A-他-帰
	3101	11.8	(例) 出-A-A-A-B-帰		0006	10.6	不 明
N  1362	0401	10.1	出-B-B-B-B-帰	T  4101	2301	31.9	出-B-B-B-A-A-帰
	0005	35.2	出-帰-出-帰-出-帰		5001	28.7	出-A-A-A-A-A-帰
	0014	15.0	(例) 出-帰-出-帰-自-帰		0501	13.8	出-B-B-B-B-B-帰
	0023	13.2	出-帰-自-帰-自-帰		3201	12.8	出-A-A-A-B-B-帰
O  1038	0302	11.0	(例) 出-帰-B-B-B-帰	U  574	4101	12.8	(例) 出-B-A-A-A-A-帰
	1103	10.6	出-帰-出-帰-A-帰		5001	65.9	出-A-A-A-A-A-帰
	4001	41.0	出-A-A-A-A-帰		0303	34.1	出-B-B-B-帰-他-帰
	0401	14.4	出-B-B-B-B-帰				
P  1014				V  1408	0601	71.6	出-B-B-B-B-B-帰
	0401	22.5	出-A-A-A-A-帰		3301	14.2	(例) 出-A-B-A-B-A-B-帰
	1301	14.8	出-A-B-B-B-帰		0511	7.4	出-B-B-B-B-B-A-帰
	2201	14.2	出-A-A-B-B-帰				
Q  1960	0014	8.9	不 明	W  1384	0601	51.4	出-B-B-B-B-B-帰
	1401	28.6	出-A-A-A-A-A-帰		5101	12.7	出-B-B-B-B-B-A-帰
	1401	24.3	出-A-B-B-B-B-帰				
	0501	24.3	出-B-B-B-B-B-帰				
R  1120				X  1336	0601	40.1	出-B-B-B-B-B-帰
	1401	24.4	(例) 出-A-B-B-B-B-帰		0403	13.8	出-B-B-他-B-B-他-帰
	3201	17.5	(例) 出-B-B-A-A-A-帰		1411	7.8	出-B-B-B-B-B-A-自-帰
	4002	16.3	出-A-A-A-A-A-他-帰		1015	7.8	不 明
	0501	16.3	出-B-B-B-B-B-帰				
Y  888	5001	15.0	出-A-A-A-A-A-帰	Z  752	0601	72.3	出-B-B-B-B-B-B-帰
	3004	22.5	出-帰-A-帰-A-帰-A-帰		5002	13.8	出-A-A-A-A-A-他-帰
	0007	21.6	出-帰-出-帰-出-帰-出-帰		1402	13.8	出-B-B-B-B-B-A-他-帰
	7000	11.7	出-A-A-A-A-A-A-A-A				
	1015	11.7	(例) 出-帰-出-帰-出-帰-自-帰				
	5011	11.7	出-A-A-A-A-A-A-自-帰				

表中, 出…出勤, A…業務A, B…業務B, 自…自由, 帰…帰宅, 他…出勤, 帰宅, 不明, 帰社, の区別ができない場合。

表3-2-5(その2) 主なトリップ連鎖パターンにおけるトリップ目的構成
第1トリップ目的 …… 業務A






















































パターン	目的コード	%	トリップ目的の順序	パターン	目的コード	%	トリップ目的の順序
A 	0001	65.7	A-帰	G 	3001	27.4	A-A-A-A-帰
	1000	30.7	A-A		2001	26.3	A-帰-A-A-A-帰
	24316				1860		
B 	1001	42.1	A-A-帰	H 	3001	43.2	A-A-A-A-帰
	2000	22.2	A-A-A		0301	21.6	A-B-B-B-帰
	0002	14.2	A-他-帰		1102	16.7	A-A-B-他-帰
	0101	10.9	A-B-帰		1620		
C 	1002	29.6	A-帰-A-帰	I 	2002	27.4	A-A-帰-A-帰
	3000	22.9	A-A-A-A		2200	11.7	A-A-A-B-B
	2001	12.5	A-A-A-帰		1405		
D 	2001	43.9	A-A-A-A-帰	J 	3001	37.9	A-A-A-A-帰
	3000	19.3	A-A-A-A-A		2002	13.6	A-A-A-A-出-帰
	6040				0220	13.6	A-B-B-A-A-A
E 	2001	31.4	A-A-A-A-帰		2011	12.6	(例) A-A-A-A-自-帰
	1002	18.3	A-A-A-他-帰		4000	11.7	A-A-A-A-A-A
	1101	14.3	A-(BのA)-帰		3001	36.1	A-A-A-A-A-帰
	0201	10.5	A-B-B-帰		2002	34.7	A-A-A-A-他-帰
	3000	10.2	A-A-A-A-A		4000	18.1	A-A-A-A-A-A-
F 	4000	25.6	A-A-A-A-A-A	L 	1003	11.1	
	3001	25.6	A-A-A-A-A-帰		5000	26.8	A 6回立ち回り
	0301	11.1	A-B-B-B-帰		2003	12.2	A-帰-A-帰-A-帰
	3375				2304		
M 	5000	40.9	A 6回立ち回り	S 	6000	86.9	A-A-A-A-A-A-A
	4001	37.5	A-A-A-A-A-帰		5001	13.1	A-A-A-A-A-A-帰
N 	0401	43.0	A-B-B-B-B-帰	T 	3003	40.0	A-A-A-帰-A-出-帰
	4001	41.9	A-A-A-A-A-帰		6000	32.0	A-A-A-A-A-A-A
O 	4001	15.4	A-A-A-A-A-帰	U 	0303	28.0	A-B-B-帰-B-出-帰
	1103	15.4	(例) A-B-帰-A-出-帰		3003	21.0	A-帰-A-A-帰-A-帰
P 	3002	14.8	A-A-帰-A-A-帰	V 	4200	21.0	(例) A-A-B-B-A-A-A
	5007	38.3	A-A-A-A-A-帰		0006	19.4	(例) A-帰-出-出-帰-出-帰
Q 	2003	14.2	(例) A-A-A-帰-出-帰	W 	1023	19.4	(例) A-帰-自-自-帰-A-帰
	846				3300	19.4	A-A-B-B-B-A-A
R 	5001	33.2	A-A-A-A-A-A-帰	X 	2005	12.7	A-帰-A-帰-A-帰-出-帰
	6003	27.7	A-A-A-A-A-A-A		2113	7.5	A-A-A-帰-B-帰-自-帰
	3003	10.3			1384		
Y 	6000	22.7	A-A-A-A-A-A-A-A	Z 	6001	52.7	A-A-A-A-A-A-帰
	2004	21.0	A-A-帰-A-帰-出-帰		7000	21.5	A-A-A-A-A-A-A-A
	1005	11.8	(例) A-A-帰-出-帰-出-帰		6100	20.0	(例) A-A-A-A-A-A-A-B
	3201	11.8	(例) A-A-A-B-B-B-A-帰		3004	20.0	A-帰-A-A-他-帰-A-帰
	833				3400	20.0	(例) A-A-B-B-B-B-A-A
					6001	18.5	
Y 	7000	39.1	A-A-A-A-A-A-A-A	Z 	0502	40.6	A-B-B-B-帰-B-B-帰
	1303	23.4	A-他-帰-A-B-B-B-帰		7000	20.3	A-A-A-A-A-A-A-A
	5002	20.3	A-A-帰-A-A-A-A-帰		0700	20.3	A-B-B-B-B-B-B-B
	4120	17.2	A-自-自-A-A-A-A-A		0007	18.8	
	512				512		

表3-2-5(その3) 主なトリップ連鎖パターンにおけるトリップ目的構成
第1トリップ目的 …… 業務B

パターン	目的コード	%	トリップ目的の順序	パターン	目的コード	%	トリップ目的の順序
A  49376	0001	66.5	B-帰	G  4340	0400	29.4	B-B-B-B-B
	0100	29.6	B-B		0301	22.2	B-B-B-B-帰
					0202	21.7	B-B-帰-B-帰
B  30969	0101	59.7	B-B-帰	H  4045	0400	32.4	B-B-B-B-B
	0200	25.6	B-B-B		0202	27.3	B-帰-B-B-帰
					0301	25.6	B-B-B-B-帰
C  16348	0201	50.7	B-B-B-帰	I  2210	0301	64.0	B-B-B-B-帰
	0300	26.8	B-B-B-B		0400	24.2	B-B-B-B-B
D  12192	0102	35.4	B-帰-B-帰	J  1920	0301	36.2	B-B-B-B-帰
	0300	25.6	B-B-B-B		0400	26.8	B-B-B-B-B
	0201	19.8	B-B-B-帰		0202	15.4	B-B-B-他-帰
E  3944	0201	54.1	B-B-B-帰	K  1430	0301	43.7	B-B-B-B-帰
	0300	22.5	B-B-B-B		0400	23.4	B-B-B-B-B
					1201	10.5	(例) B-A-B-B-帰
F  10090	0301	50.9	B-B-B-B-帰	L  4902	0500	34.8	B-B-B-B-B
	0400	25.1	B-B-B-B-B		0203	17.5	B-帰-B-帰-B-帰
					0401	16.4	B-B-B-B-帰
M  3528	0401	40.1	B-B-B-B-帰	S  1386	0600	64.2	B-B-B-B-B-B-B
	0500	24.7	B-B-B-B-B				
	0302	13.8	B-B-B-他-帰				
N  2400	0302	25.0	B-B-帰-B-B-帰	T  1015	0600	26.9	B-B-B-B-B-B-B
	0500	22.0	B-B-B-B-B		0303	17.2	B-帰-B-B-帰-B-帰
	0401	18.5	B-B-B-B-帰		3300	12.4	B-B-A-A-A-B-B
O  2250	0401	40.3	B-B-B-B-B-帰	U  959	0501	35.0	B-B-B-B-B-B-帰
	0500	26.4	B-B-B-B-B-B		0303	18.2	B-帰-B-帰-B-B-帰
					0411	9.5	(例) B-B-f-B-帰-B-B-B
P  2244	0302	34.8	B-帰-B-B-B-帰	V  5072	0601	51.9	B-B-B-B-B-B-B-帰
	0500	24.1	B-B-B-B-B-B		0700	37.9	B-B-B-B-B-B-B-B
Q  2681	0501	40.7	B-B-B-B-B-B-帰	W  3736	0700	57.4	B-B-B-B-B-B-B-B
	0600	22.2	B-B-B-B-B-B-B		0601	13.1	B-B-B-B-B-B-B-帰
R  1323	0600	40.7	B-B-B-B-B-B-B-B	X  2144	0304	44.0	B-帰-B-帰-B-帰-B-帰
	0303	26.5	B-B-帰-B-帰-B-帰		0700	34.3	B-B-B-B-B-B-B-B
Y  1264	0700	32.9	B-B-B-B-B-B-B-B-B	Z  1192	0502	25.5	B-B-B-B-帰-B-B-帰
	6100	21.6	(例) B-A-A-A-A-A-B		0700	24.8	B-B-B-B-B-B-B-B
	0601	15.2	B-B-B-B-B-B-B-帰		0403	24.8	B-B-帰-B-帰-B-B-帰

⑥ したがって、一連のトリップの形成の中で、トリップ目的がいくつか複雑に混在するような場合はあまり考える必要はなく、むしろここで類型化された各トリップ連鎖パターンごとに第1トリップ目的が何かにより、トリップチェーン内の目的構成をあてはめていくことができる可能性が大きいといえる。そして、例えば、2nd-baseが就業者の勤務先（事業所）であり、それを拠点とするサイクルの生成に着目するならば、業務活動の派生需要としての業務トリップチェーンとして切り離して考えていくこともできるものと考えられる。

なお、このカートリップチェーンデータを用いた、この他の諸分析については次章の検討の中であらためて紹介されることになるが、それらはトリップチェーンに関するトリップ連鎖パターンの分類という第1段階を踏み出して、ここで問題となっているこのようなトリップ連鎖パターンがどのような形で説明可能であるかという観点からアプローチしたものである。

3-2-2 パーソントリップチェーンに関する分析

本項では、トリップ連鎖パターンの実態分析例として、パーソントリップチェーンを対象とした場合を紹介する。具体的な分析対象データには、昭和55年度京阪神P.T.調査より抽出された大阪市関連トリップチェーンデータを用いることにし、そのトリップ連鎖パターンの類型化による代表的パターンの抽出を行い、昭和45年度の場合との比較検討を行うとともに目的構成の特徴を明らかにする。そして、同圏域において従業者の勤務先をベースとした業務トリップチェーンデータに対し、そのトリップ連鎖パターンとそれを規定すると考えられる業種、職種、企業規模といった個人属性との関係をも触れていくことにする。

(1) 代表的なトリップ連鎖パターン²⁶⁾

まず、昭和55年度および昭和45年度の2時点における抽出された大阪市関連トリップチェーンの基礎諸量とそれぞれのトリップ回数分布を表3-2-6、表3-2-7に示す。これより、平均トリップ回数およびトリップ回数分布に2時点間の大きな差異がないことがわかる。なお、1日のトリップ回数が最も多いのは昭和55年度データで23回、昭和45年度データで19回となっているが、それらはむしろ例外的なものといえ、大半はトリップ回数が8回までの動きであることがわかる。また、両時点のそれぞれの完結率は97.7%（昭和55年度）、94.7%（昭和45年度）とカートリップチェーンに比較して非常に高く、1日完結性がほぼ満たされているといえる。次に、これら完全トリップチェーンに対してベースの種類（1st-base, 2nd-base）とチェーン内トリップ数による代表的なパターンの類型化を行ったところ図3-2-1に示す結果を得た。

これより、人の1日の交通行動パターンは、それほど多くの種類が存在しているものでなく、例えば上位5パターンは、カートリップチェーンと同様の基本的なパターンによって占められ、その累積比率も約85%に及ぶことがわかる。また、その中でもとくにパーソントリップの場合にはピストン型が約60

表2-3-6 抽出された大阪市関連トリップチェーン

抽出されたデータ	昭和55年度第2回P.T.	昭和45年度第1回P.T.
① 拡大されたチェーン数〔=総外出個人数〕 〔サンプルベースのチェーン数〕	3 480, 382 〔 62, 259 〕	3 637, 080 〔 82, 519 〕
② 拡大されたトリップ数 〔サンプルベースのトリップ数〕	10 104, 547 〔 182, 073 〕	10 193, 801 〔 231, 896 〕
③ 平均トリップ回数 (②/①) (トリップ/外出人口)	2.90 (トリップ/人)	2.80 (トリップ/人)

表3-2-7 (その1) トリップ回数別トリップチェーン数 (昭和55年)

トリップ 回 数	トリップチェーン		トリップ	
	数	%	数	%
1	38119	1.1	38199	0.4
2	2193432	63.0	4386864	43.4
3	252857	7.3	758571	7.5
4	579966	16.7	2319864	23.5
5	140057	4.0	700285	6.9
6	148447	4.3	890682	8.8
7	56219	1.6	393533	3.9
8	51817	1.5	414536	4.1
9	8791	0.3	79119	0.8
10	4348	0.1	43480	0.4
11	2122	0.1	23342	0.2
12	1777	0.1	21324	0.2
13	689	0.0	8957	0.1
14	694	0.0	9716	0.1
15	249	0.0	3735	0.0
16	497	0.0	7952	0.1
17	62	0.0	1054	0.0
18	0	0.0	0	0.0
19	41	0.0	779	0.0
20	53	0.0	1060	0.0
21	0	0.0	0	0.0
22	0	0.0	0	0.0
23	65	0.0	1495	0.0
合 計	3480328	100.0	10104547	100.0

表3-2-7 (その2) トリップ回数別トリップチェーン数 (昭和45年)

トリップ 回 数	トリップチェーン		トリップ	
	数	%	数	%
1	47033	1.3	47033	0.5
2	2411252	66.3	4822505	47.3
3	272385	7.5	817154	8.0
4	537703	14.8	2150812	21.1
5	115861	3.2	579304	5.7
6	119766	3.3	718597	7.0
7	55744	1.5	390419	3.8
8	55912	1.5	447297	4.4
9	10698	0.3	96278	0.9
10	4224	0.1	42237	0.4
11	2257	0.1	24826	0.2
12	1510	0.0	18119	0.2
13	977	0.0	12702	0.1
14	548	0.0	7669	0.1
15	446	0.0	6690	0.1
16	510	0.0	8154	0.1
17	132	0.0	2251	0.0
18	0	0.0	0	0.0
19	92	0.0	1756	0.0
合 計	3637080	100.0	10193801	100.0

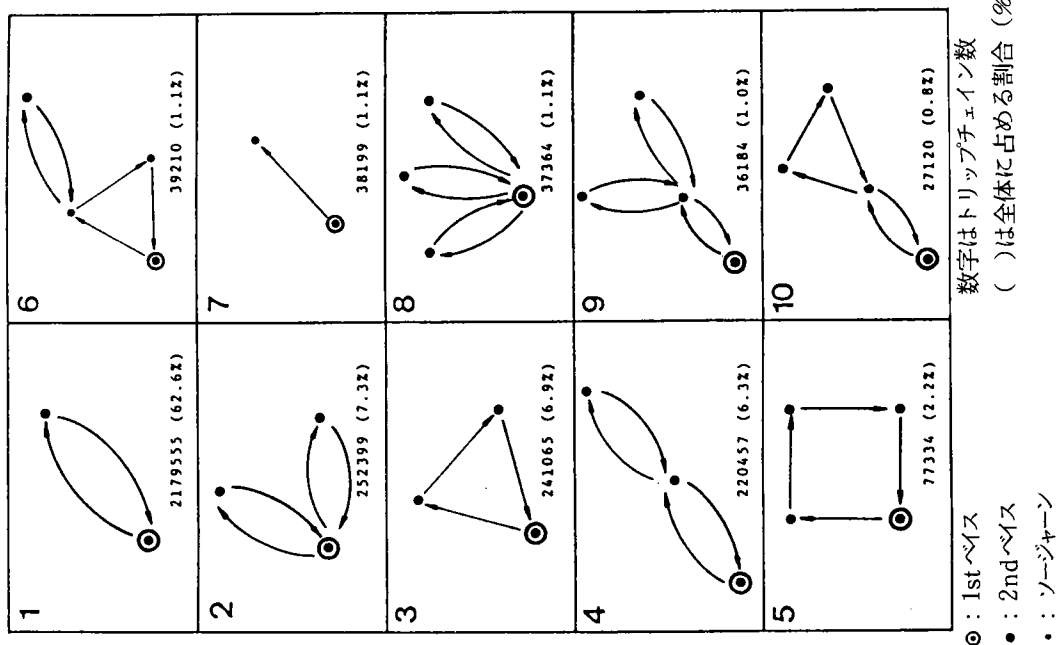


図 3-2-1 (その1) 代表的なトリップ連鎖パターン上位 10 位(昭和55年)

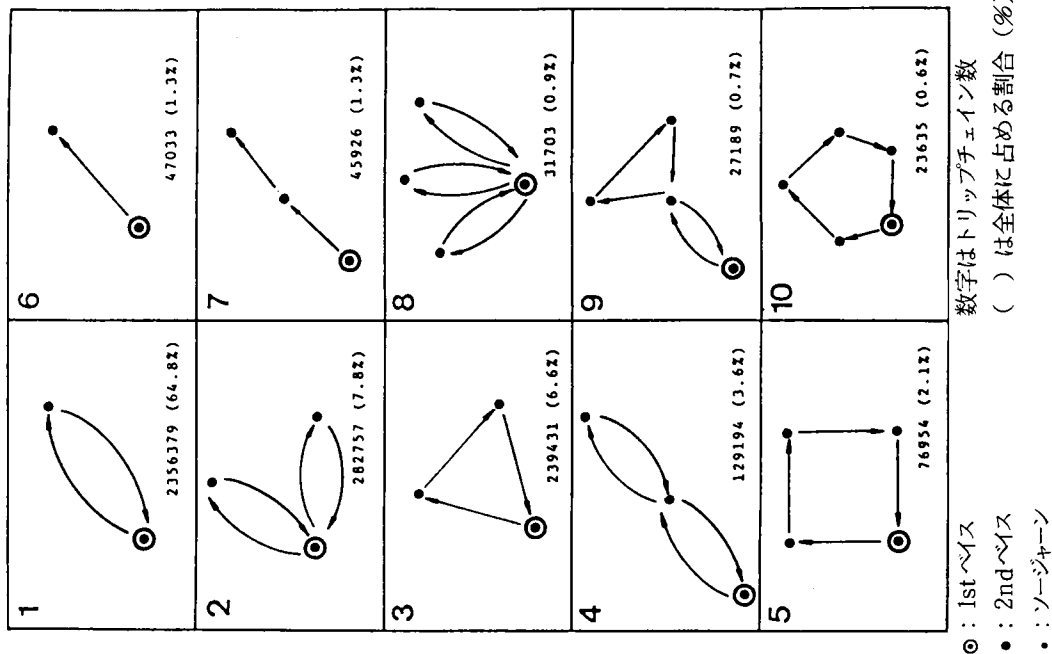


図 3-2-1 (その2) 代表的なトリップ連鎖パターン上位 10 位(昭和45年)

％を占めていることが特徴的であり、少くとも量的な面では絶対的優位を保っているといえる。しかし、これは自宅ベースとする通勤・帰宅型の割合に依存するもので、例えば、後述の勤務先ベースとする業務トリップチェーンを対象とする場合は、その多様性が見られることに注意する必要がある。なお、昭和55年度と昭和45年度との2時点の比較においては、特にトリップ連鎖パターンの上位を占めるものについては、まったく変化していないという興味深い結果となっている。したがって、こうした代表的なパターンをもとに、それぞれの生成メカニズムを把握することができれば、交通の生成というより本質的な議論の糸口となるものと考えられる。

次に、チェーン内のサイクル数とソージャー数に着目したトリップ連鎖パターンの細分類を行ってみよう。なお、この際、1つの完全トリップチェーンに対してベースとしては1st-baseだけ（すなわち、そのほとんどが自宅ベース（H.B）であるが）を考えることにした。その結果を表3-2-8に示す。これより、やはり昭和55年度と昭和45年度の2時点においては、サイクル数の分布およびソージャー数分布についても両時点の差異はほとんど見られないことがわかる。また、勤務先ベースにおけるサイクルの生成の有無別に見た1トリップチェーン当りのサイクル数およびトリップ数を表3-2-9に示すが、これからも両時点における基礎諸量の差異がないことがわかったとともに、勤務先ベースとした昼間の一連の動きが1日全体の動きとは区別して扱われるべきことを示すものと理解できる。

(2) 目的構成

ここでは、トリップ目的別にみた1日の人の動きに関して、トリップ連鎖パターンに着目した分析結果を紹介するが、その前段階として、自宅ベース（H.B）と勤務先ベース（O.B）の2種類のベースを中心とした一連のトリップの流動パターンについて概観することにする。

まず、大阪市関連トリップチェーンデータに対してH.BおよびO.Bからみた流動パターンを図3-2-2に示し、さらにそれらの中でのトリップ目的の内訳を図3-2-3に示す。これより、各ベースにおける1サイクル当りの平均トリップ回数を見てみると、H.BからO.Bへの移動の際は1.03トリップ/サイクルであり、また、その大半が出勤・登校目的であることから、出勤・登校途中における立ち回りの可能性は小さいことがわかる。これに対してO.BからH.Bへの移動では1.17トリップ/サイクルで約6人に1人の割合で2トリップしていることにより、復路の方が往路に比較して立ち回り頻度が高いといえる。また、O.B上およびH.B上では1人当りの平均トリップ回数で2.82トリップ/人、2.78トリップ/人、また、1サイクル当りでは2.32トリップ/サイクル、2.24トリップ/サイクルとなり、トリップ連鎖パターンの多様な構成がうかがわれる。図3-2-3の目的の内訳から言えばO.B上では、業務活動に関連した業務および帰宅目的のトリップ数78％と主たる内訳であり、その他として自由目的が約22％となっている。一方、H.B上では逆に自由および帰宅目的で88％を占め、業務目的は12％ほどであることがわかる。しかしながら、この目的内訳は、トリップ単位の量的な構成をベースに着目して眺めたに過ぎない

表3-2-8(その1) ソージャー数別サイクル数別トリップチェーン数(昭和55)

ソージャー数 サイクル数	1	2	3	4	5	6	7	8	計	%
1	2177826								2177826	64.1
2	240891	276457							517248	15.2
3	297738	38306	44693						380737	11.2
4	97533	20898	9943	8854					137228	4.0
5	81158	7932	5974	924	360				96348	2.8
6	36745	6368	864	57	234	67			44335	1.3
7	29488	705	138	47	0	0	223		30501	0.9
8	6272	850	233	63	0	0	0	69	7487	0.2
9	2810	187	99						3096	0.1
10	1380	112		51					1543	0.0
11	1335	54							1389	0.0
12	573			59					632	0.0
13	420								420	0.0
14	209								209	0.0
15	369								369	0.0
16	62								62	0.0
17										
18	41								41	0.0
19	53								53	0.0
20										
21										
22	65								65	0.0
計	2974968	351669	61944	10055	594	67	223	69	3399589	
%	87.5	10.3	1.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0

表 3-2-8 (その 2) ソージャー数別サイクル数別トリップチェーン数 (昭和45)

ソージャー数 \ サイクル数	1	2	3	4	5	6	7	8	計	%
1	2348349								2348349	68.1
2	248118	303272							551390	16.0
3	205878	30860	36995						273733	7.9
4	74988	17356	6599	7213					106155	3.1
5	57973	8556	3562	689	180				70961	2.1
6	36291	7062	515	195	174				44237	1.3
7	33073	1187	255	99	43		55		34710	1.0
8	7478	579	130	99				112	8396	0.2
9	2823	458	113	41					3435	0.1
10	1280	181	177						1638	0.0
11	934		50	39					1023	0.0
12	760	135	38						933	0.0
13	221	43	43						307	0.0
14	277	150	45						471	0.0
15	162	45							206	0.0
16	43								43	0.0
17		43							43	0.0
計	3018731	369927	48520	8376	397	0	55	112	3446118	
%	87.6	10.7	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0

表 3-2-9 大阪市関連トリップチェーンにおける平均サイクル数および平均トリップ数

	昭和 55 年度 大阪市関連トリップチェーンデータ			昭和 45 年度 大阪市関連トリップチェーンデータ		
	O.B 上での サイクルの 生成 有り	O.B 上での サイクルの 生成 無し	合 計	O.B 上での サイクルの 生成 有り	O.B 上での サイクルの 生成 無し	合 計
完全トリップチェーン数	820,954	2,578,635	3,399,589	972,910	2,473,209	3,446,119
トリップ数	2,505,933	7,412,753	9,918,686	2,798,480	6,854,671	9,653,151
H.Bにおける サイクル数	1,035,981	2,873,862	3,909,843	1,198,913	2,742,004	3,940,917
トリップ数/ H.B 1 サイクル	2.42	2.58	2.53	2.33	2.50	2.45
トリップ数/1チェーン	3.05	2.87	2.92	2.88	2.77	2.80
サイクル数/1チェーン	1.26	1.14	1.15	1.23	1.11	1.14

目 的	トリップ数	％
出 勤	1,921,900	19.4
登 校	696,158	7.0
帰 宅	3,868,916	39.0
帰社・帰校	606,028	6.1
自 由	1,824,037	18.4
業 務	1,001,647	10.1
合 計	9,918,686	100.0

全外出人口 3,399,589人 (2.92トリップ/人)
(大阪市内通トリップチェーンのうち完全トリップチェーンを形成した外出総個人数)

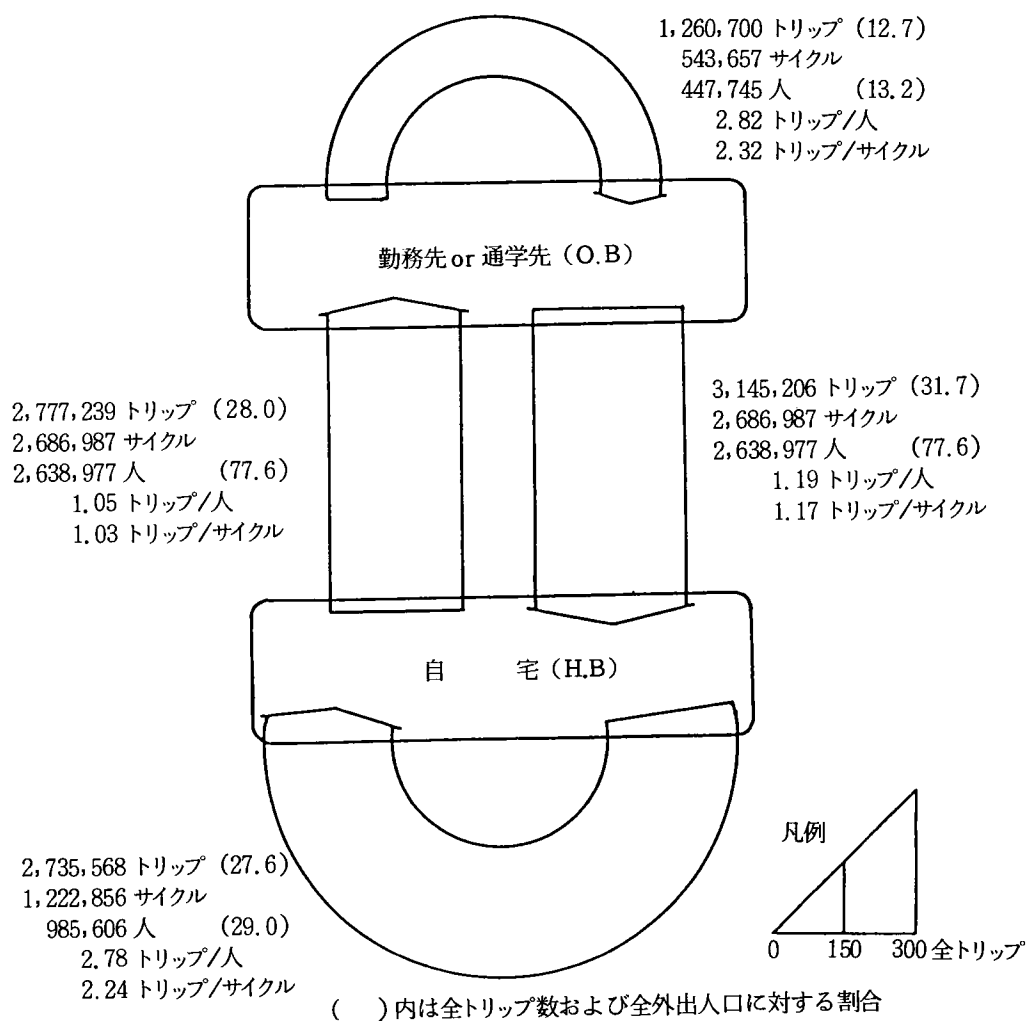


図3-2-2 H.BおよびO.Bからみたトリップ流動パターン

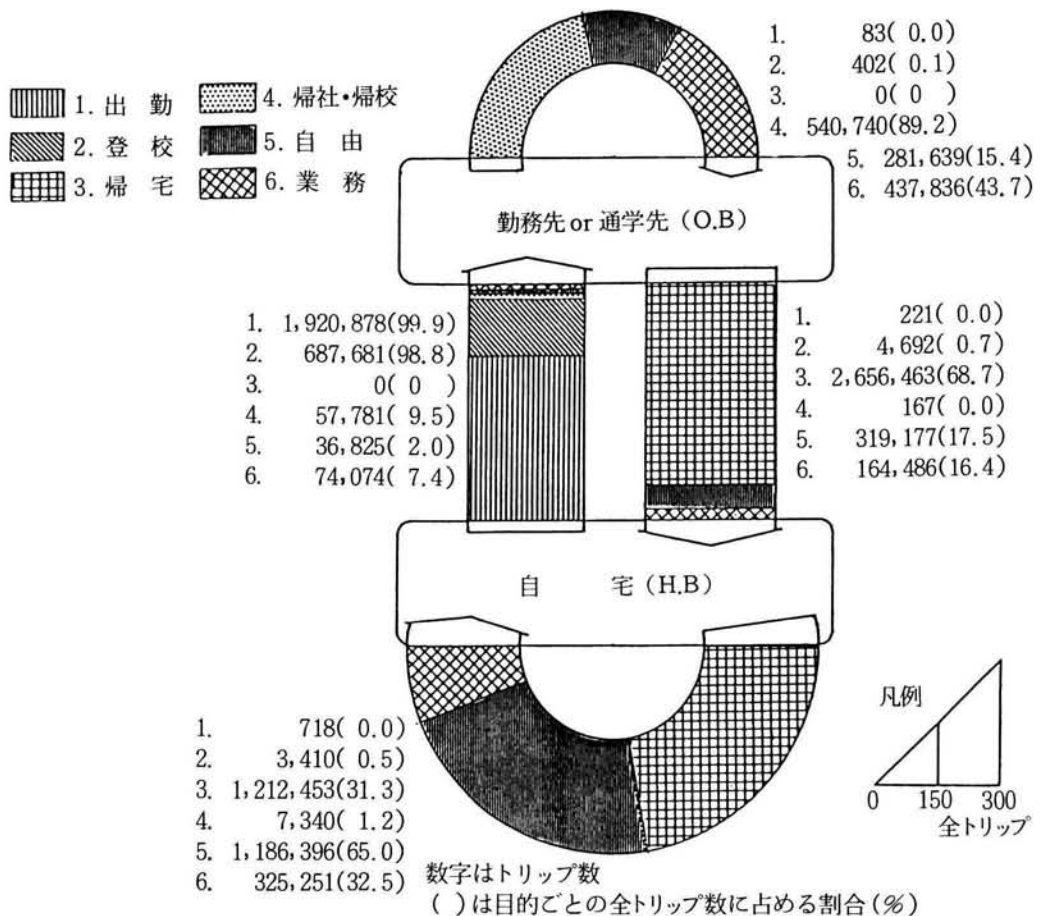


図3-2-3 H.BおよびO.Bからみたトリップ目的の内訳

ので、さらにチェーンの中で詳細な検討として、各ベースにおけるサイクル内目的構成をその混合の割合と其中味に注目して集計した。その結果を図3-2-4に示す。これは、例えばO.B上でのサイクルにおいてであれば、帰社・帰校を除く5つのトリップ目的のうち、当該サイクル内が業務目的だけから成っている場合が50.4%、同様に自由目的だけが43.7%、登校目的だけが0.1%、そしてトリップ目的の混合している割合が5.8%であることを示し、さらに目的混合の中では自由・業務の混合型がほとんどであることを示している。そして、H.B上では、自営業などでH.BとO.Bが一致する場合とそうでない場合を区別して扱っている。

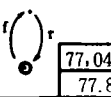
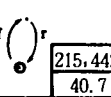
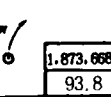
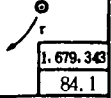
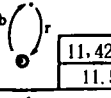
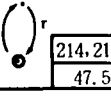
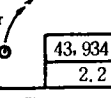
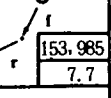
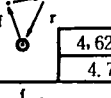
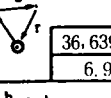
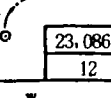
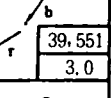
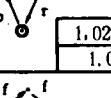
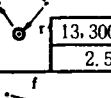
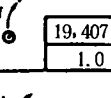
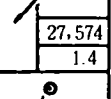
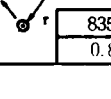
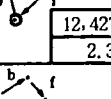
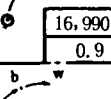
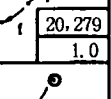
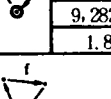
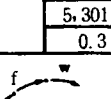
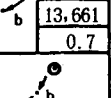
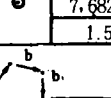
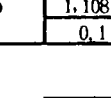
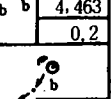
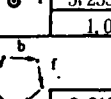
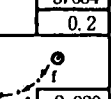
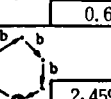
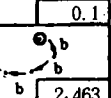
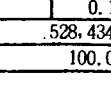
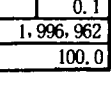
これより、目的混合の割合はH.BとO.Bのそれぞれに関連するどの場合においてもあまり大きな値をとることはなく、むしろ一旦業務目的で出発すればベース(O.B)へ戻るまではそのまま業務目的のトリップが連なること、あるいは自由トリップの生成もO.B上、H.B上においては単独の自由サイクルとしてなされ、わずかにO.BからH.Bへの移動の中に自由・帰宅の形で混在する場合があることなどが示されているといえる。

そして次に、トリップ連鎖パターンとの関係を明らかにするため、H.B上、O.B上、H.BからO.B、O.BからH.Bの4つの動きをサイクル単位に見ることにし、サイクル内トリップ数別にその目的連鎖構成の類型化を行った。その結果の一部として、O.Bを有する就業者（出勤有）の主な目的連鎖パターンを図3-2-5に示す。この中で、例えば、O.B上のサイクルの生成においては、業務トリップだけから構成される巡回型の単一目的サイクルが大半であり、その途中で自由トリップが混在する割合はサイクル内のトリップ数が増加しても高々1回程度で見られるだけであることがわかる。またその他の立ち回りにおいても単一目的から成る目的連鎖パターンの場合が多いといえる。したがって、トリップ連鎖パターンの一つのとらえ方として、トリップチェーンを構成するサイクルを単位としたアプローチの可能性が考えられる。このサイクル単位の扱いの利点としては、上述のようにトリップ目的構成が単一目的型で安定していること、ならびにベースごとに考えていくことができるので、とくにO.B上でのサイクルの生成についてそのベースの役割機能を別立として検討できることがあげられる。一方、その逆に当然のことながらトリップチェーン全体としての動きという観点から複数サイクルの生成あるいはサイクル間の関係についての取扱いが難しくなる欠点を有する。そのため、トリップチェーンのとらえ方を、あくまでトリップ連鎖パターンのように1日全体の動きに関連させたものとして扱うか、あるいはサイクル単位に分離して扱うかは、基本的には分析の視点に依存して決められることになり、例えば、複数サイクルやそれらのサイクル間の諸関係が分析のねらいの中で大きな支障のない場合、サイクル単位のアプローチも簡潔でしかも有効な方法になるかもしれない。なお、こうした後者の考え方にもとづいた具体的な検討は第5章において具体的になされる。

(3) トリップメーカーの属性とトリップ連鎖パターンとの関係²⁷⁾

個々のトリップチェーンは、1日の諸活動の達成のために必要な空間的移動として一連のトリップから構成されるものであるから、そのトリップ連鎖パターンにはこうした動きを織りなすトリップメーカーの属性が大きく反映されていると考えられる。そこで、ここでは都市域における業務活動の派生需要としての昼間の業務交通に注目することにし、業務トリップチェーンのトリップ連鎖パターンを業種、職種あるいは企業規模といった個人属性別に眺めることによって、これらの諸関係についての基礎的考察を行うことにする。

まず、分析対象データである業務トリップチェーンの概略を述べると、これは、昭和55年度京阪神P.T調査の一環としてなされた、大阪市内に立地する事業所とその従業者を対象とした業務P.T調査と呼ばれる調査データにもとづくものである。すなわち、業務P.T調査データより事業所をベースとするサイクル以外を除き、かつ全トリップ目的が業務が帰社から成るものを抽出し、これを業務トリップチェーンデータと定義した。そして、チェーン内のトリップ数は8回までで全体の98.6%を占めるが、そのうちソージャー数数が6回までの業務トリップチェーンを対象としたトリップ連鎖パターンの類型化よ

	H.B 上	O.B 上	H.B→O.B	O.B→H.B
1	 77,041 77.8	 215,442 40.7	 1,873,668 93.8	 1,679,343 84.1
2	 11,422 11.5	 214,215 47.5	 43,934 2.2	 153,985 7.7
3	 4,622 4.7	 36,639 6.9	 23,086 12	 39,551 3.0
4	 1,028 1.0	 13,300 2.5	 19,407 1.0	 27,574 1.4
5	 835 0.8	 12,427 2.3	 16,990 0.9	 20,279 1.0
6		 9,282 1.8	 5,301 0.3	 13,661 0.7
7		 7,682 1.5	 1,108 0.1	 4,463 0.2
8		 5,253 1.0		 3,634 0.2
9		 3,319 0.6		 2,920 0.1
10		 2,459 0.1		 2,463 0.1
合計	99,048 100.0	528,434 100.0	1,946,962 100.0	1,996,962 100.0

凡 例
b: 業務
r: 帰社・帰宅
f: 自由
w: 出勤
上段: サイクル数
下段: 構成比率(%)
上位10位までか
あるいは
サンプル数1000以上

図3-2-5 サイクル内目的連鎖パターン（就業者，出勤有）

表 3-2-10 トリップ連鎖パターン別トリップチェーン数


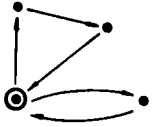
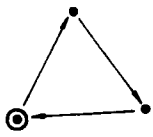
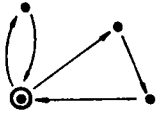

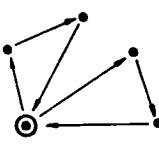
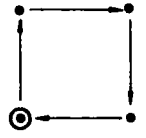
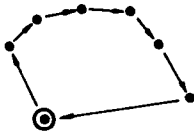
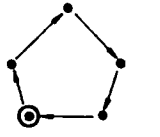
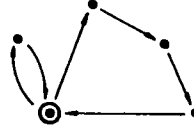

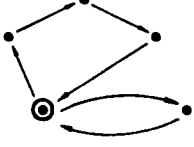
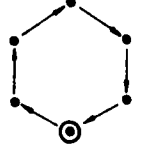
トリップ連鎖パターン	チェーン数	比率(%)	トリップ連鎖パターン	チェーン数	比率(%)
01 (1)	202,244	50.53	00000101	206	0.05
001 (2)	48,430	12.10	00001001	314	0.08
0101 (3)	39,051	9.76	00010001	852	0.21
0001 (4)	22,791	5.69	01000001	116	0.03
01001 (9)	7,479	1.87	01000001	708	0.18
00101 (8)	7,648	1.91	000010101	0	0.00
010101 (6)	10,900	2.72	000100101	48	0.01
00001 (5)	13,284	3.32	001000101	138	0.03
0100001 (12)	4,034	1.01	010000101	23	0.01
001001 (10)	5,638	1.41	000101001	0	0.00
000101 (13)	3,671	0.92	001001001	60	0.02
01000101	662	0.17	010001001	0	0.00
0101001	466	0.12	001010001	68	0.02
0010101	343	0.09	010010001	0	0.00
01010101	2,052	0.51	010100001	0	0.00
000001 (7)	10,645	2.66	0001010101	79	0.02
0000101	801	0.20	0010010101	0	0.00
0001001	1,502	0.38	0100010101	0	0.00
0010001	1,320	0.33	0010100101	0	0.00
0100001	634	0.16	0100100101	48	0.01
00010101	255	0.06	0101000101	0	0.00
00100101	191	0.05	0010101001	80	0.02
01000101	69	0.02	0100101001	0	0.00
00101001	192	0.05	0101001001	106	0.03
01001001	175	0.04	0101010001	0	0.00
01010001	219	0.06	00101010101	0	0.00
001010101	57	0.01	01001010101	0	0.00
010010101	149	0.04	01010010101	42	0.01
010100101	0	0.00	01010100101	0	0.00
010101001	0	0.00	01010101001	0	0.00
0101010101	303	0.08	010101010101	256	0.06
0000001 (11)	4,636	1.16			

0 : 訪問先へ行く

1 : 事業所へ戻る

(比率は全トリップチェーンに対するもの)

り、表 3-2-10 に示す 64 通り、そして図 3-2-6 に示す代表的なパターンを得た。これより、上位 13 位のパターンは 1 サイクル型でソージャー数 6 個まで、2 サイクル型でソージャー数 2, 3, 4 そして 3 サイクル型でソージャー数 3 個の場合から構成されており、これらで全体のチェーン数の 95% が説

1  202244 (50.53%)	8  7648 (1.91%)
2  48430 (12.10%)	9  7479 (1.87%)
3  39051 (9.76%)	10  5638 (1.41%)
4  22791 (5.69%)	11  4636 (1.16%)
5  13284 (3.32%)	12  4034 (1.01%)
6  10900 (2.72%)	13  3671 (0.92%)
7  10645 (2.66%)	<p>◎ : ベース</p> <p>● : ソージャー</p>

上段：トリップチェーン数 下段：比率(%)

図3-2-6 上位13位のトリップ連鎖パターン

明されていることがわかる。したがって、以降のクロス集計ではソージャー数で高々6回程度、サイクル数は3回ないし4回ぐらいまでを考えておけば十分であると判断できる。

そこで、上述の業務トリップチェーンに関して、個人属性から見たトリップ連鎖パターンの生成を具体的に眺めていくが、ここでトリップメーカーのもつ個人属性としては、業種、職種、そして企業規模を取上げることとする。

図3-2-7は、業種別にトリップ連鎖パターンを見たときに、立ち回りの多寡やその形態において特徴的な業種について図示したものである。これより、

- ① ピストン型（1ソージャー1サイクル）の割合の多い業種としては建設業があげることができる。約65%が1日のうちで1カ所しか訪問先をもたないことを示す。これは、そのときの訪問施設が現場や工事事務所が中心となるためと考えられる。
- ② 一方、1日のうちで立ち回りの多い業種は、卸売業、小売業、製造業などである。その中でも、卸売業は比較的1サイクル巡回型、逆に小売業は複数サイクル型、そして製造業はその中間に位置することがわかる。複数サイクル型の場合、1日全体の訪問先やその数があらかじめ先決されずに結果的に複数のサイクルの生成を行う場合も含まれるものと考えられるが、その他に用務内容の面からも訪問先直行の形態をとらざるを得ない場合もあり、その性質は複雑なものといえる。

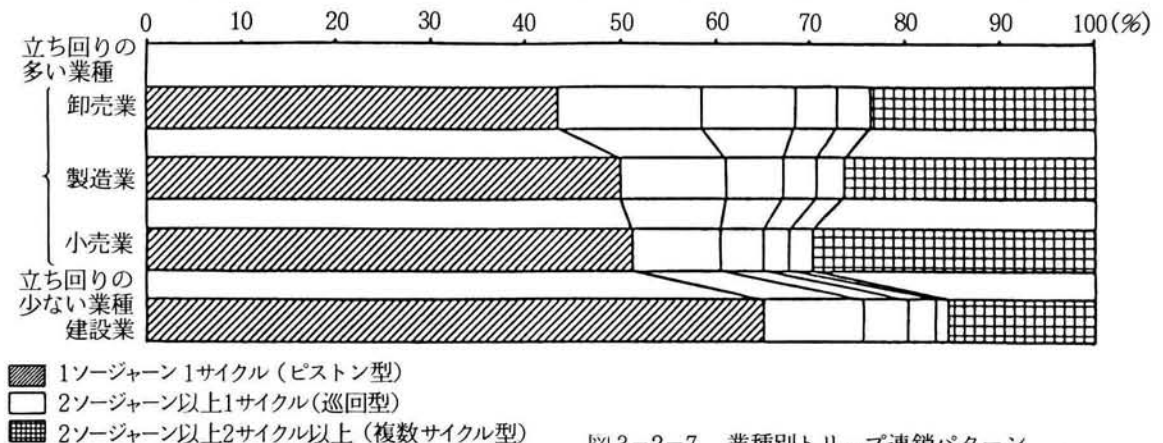


図3-2-7 業種別トリップ連鎖パターン

次に、業種と同様に用務の内容を反映したものとしての職種別に眺めた場合を図3-2-8に示す。1つの業種においても様々な職種から構成されているため、ここでは、業種という分類でなく職種の面から立ち回りの程度を考えてみることにした。

- ① その結果、ピストン型パターンの占める割合からは、

立ち回りの多い職種 …… 運輸・通信職、販売職

立ち回りの中ぐらゐの職種 …… サービス職、管理職

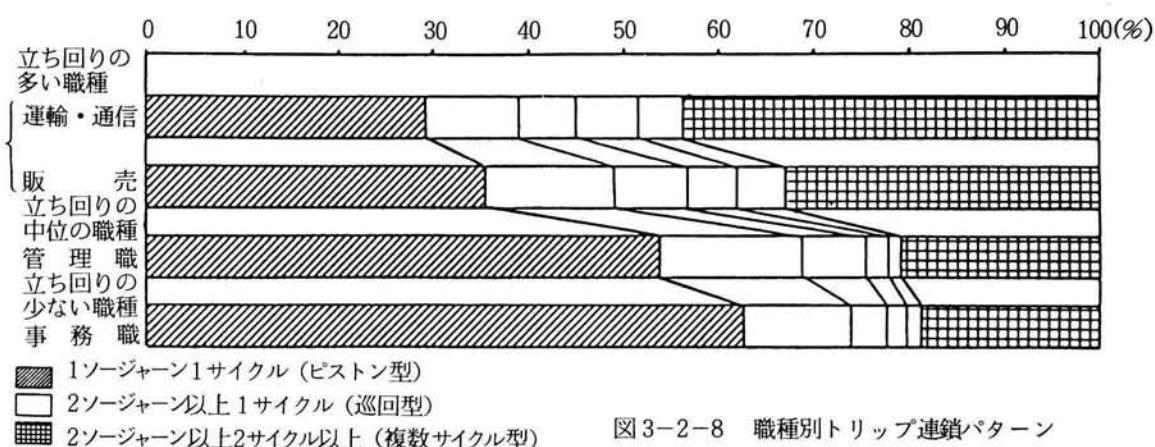


図3-2-8 職種別トリップ連鎖パターン

立ち回りの少ない職種 …… 事務職、専門技術職、技能生産工程従事職、保安職

に区分される。

- ② 立ち回りの多い職種の中では、業種でみられたような1サイクル巡回型と複数サイクル型との大きな違いはない。

次に、企業規模の違いによるトリップ連鎖パターンの差異を各業種ごとに見ていくことにし、規模ランクを事業所内従業員数によって零細（1～4人）から大規模（1000人～）まで8区分としてその各々に類型化した。その結果の一部として、業種全体としてみたときに比較的立ち回り頻度の高い卸売業、そして、その逆に立ち回り頻度の低い建設業の場合を図3-2-9、図3-2-10に示す。なお、業種別規模別生成原単位を参考に供するために図3-2-11に示す。これより、

- ① 全業種を合計してしまうと、規模別のトリップ連鎖パターンの差異はそれほど明確な形で現われず、図3-2-11の全業種計の生成原単位を見ても、規模が大きくなるにつれて若干生成原単位が小さくなる傾向をもつものの、ほとんど値としては変っていない。
- ② しかしながら、業種別に細かく見ていくと、卸売業、運輸・通信業などは、規模の増加に伴ない立ち回り頻度は低くなり、そのため生成原単位の減少割合は大きいこと、逆に建設業などは、例えば、ピストン型の用務先直行型の割合がどの規模においても大きい値をとっており、当該業種における企業規模による生成原単位の差異はないものと判断できる。

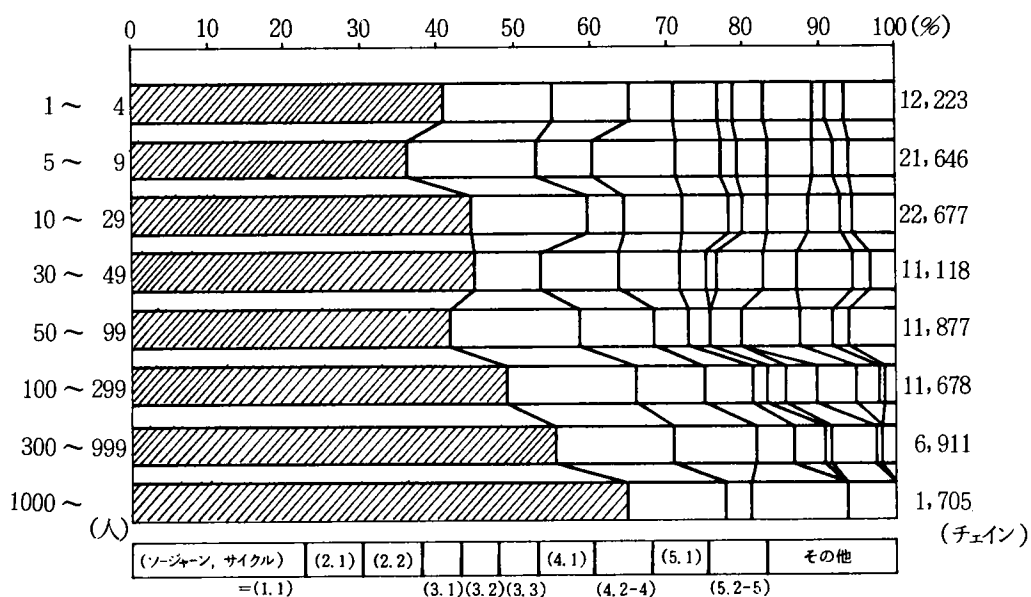


図 3-2-9 業種別規模別トリップ連鎖パターン (卸売業)

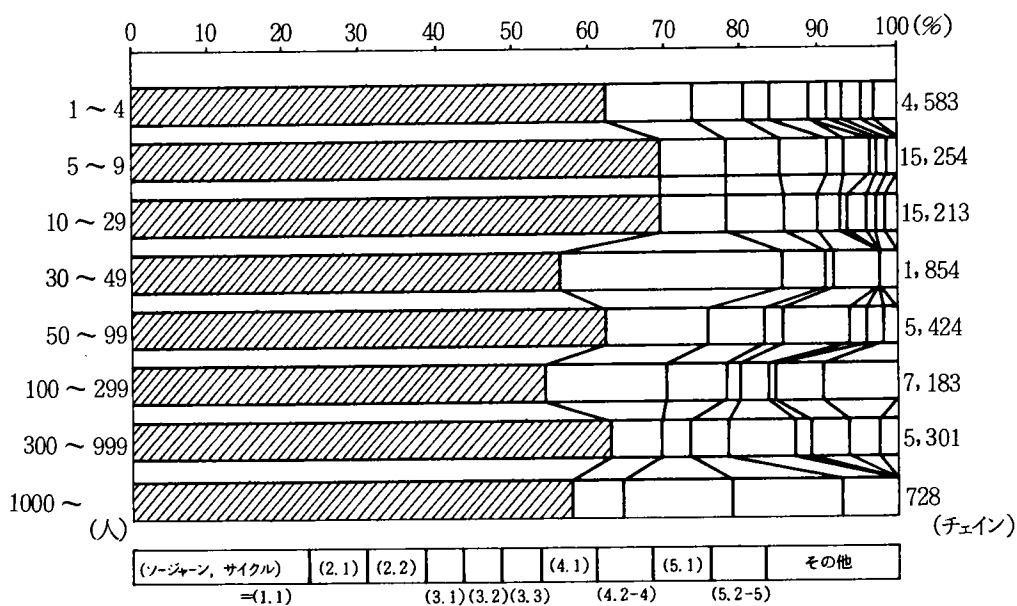


図 3-2-10 業種別規模別トリップ連鎖パターン (建設業)

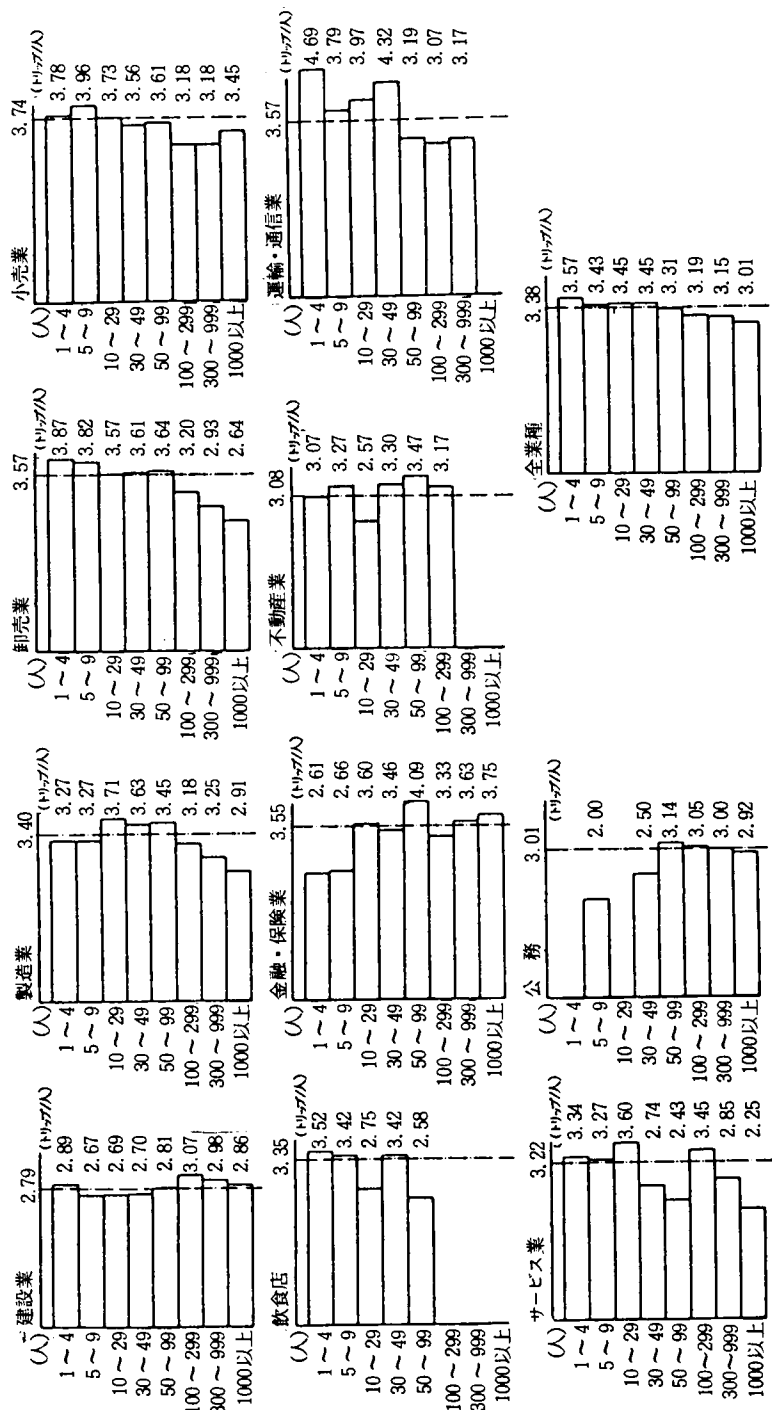


図3-2-11 業種別生成原単位（業務トリップチェインデータ）

3-3 トリップ連鎖パターンからみた1日の活動時間配分に関する分析

3-3-1 分析の背景とその目的

本節の分析目的は、業務トリップチェーンのトリップ連鎖パターンを1日の活動時間配分(time-allocation)の観点から眺めることにより、その生成に関連する時間特性の主要なものを明らかにすることである。²⁸⁾ すなわち、業務活動に従事する従業者にとっての通常の勤務時間は、例えば、9時から17時までの間に定められており、個々のトリップメーカーはこうした時間的制約(time-budget constraint)のもとで1日の動きをなすものと考えられる。このため、直観的に言っても、1日に多くの訪問先を訪れる必要のある従業者にとっては、各訪問先までの所要時間、あるいはそこでの滞在時間を調整することによってこの時間的制約を満足しようとする。そのため結果的に立ち回り型のトリップ連鎖パターンとそうでないトリップ連鎖パターンとでは、このような所要時間・滞在時間といった時間特性に有意な差異が現われてくるものと思われる。またこうした視点は、第2章で述べたトリップチェーン研究におけるActivity ApproachesあるいはUtility Approachesの中でも重要な位置づけがなされているものであり、交通行動のより本質的なメカニズムの解明を意図しているものといえる。したがって本分析では、具体的なトリップチェーンデータをもとにその時間特性に関する基本的な理解を深めることにより、今後のこの分野における展開の方向性を検討していくことにする。このアプローチに属する従来の研究事例としては、第2章のレビューで触れたHemmens(1970)²⁹⁾、Hagerstrand(1970,1973)³⁰⁾の「時空間上の活動連結メカニズム」(図3-3-1 参照)という概念規定に即したものが中心的であるが、実用に供するモデル化の段階まで洗練されたものはまだ提案されていない。これは、近藤(1977)³¹⁾の指摘するように、「都市活動をtime-spaceという3次元で、しかもその活動の生起条件、活動時間についてまで決定しようというのは、いわば都市社会全体のモデルを作ることに等しい」ことになるためであり、その体系化においては、目的に対応した形で慎重になされる必要があろう。そのためにも、人間活動パターンとその時間特性に関する実証的分析は、その第1段階としての位置づけができるものと考えられる。

具体的な分析結果の検討に入る前に、本分析を進めるにあたって直接的な動機を与えたものとしてのAdler & Ben-Akiva(1979)³²⁾の研究内容を紹介することにより、ここでの議論的を絞っておきたい。すなわち、この論文は、トリップチェーンモデルの類型化から言えば、Utility Approachesの範疇に入るわけであるが、そのモデル構造は、1日の活動時間配分問題の中でチェーン内のサイクル数とソージャー数数を決定しようというものであり、単に人の交通行動パターンの説明用ツールの域を脱し、モデル化の意図をより積極的に有すると評価できる。しかしながら、そこで展開されるフレームは実証的分析に裏づけが十分なされていないため、モデルの諸前提の妥当性の検討が必要と考えられる。

Adler & Ben-Akiva(1979)は、
次のような効用最大化モデルを提
案し、トリップチェーンの中での
時間的制約に関するモデルフレ
ームを与えている。

すなわち、

$$U = (-\alpha \cdot S/T) + (2T\bar{c} - (S-T)\bar{d}) + (\rho S)$$

$$\rightarrow \max \quad \dots\dots (3.3.1)$$

sub. to

$$\left\{ \begin{array}{l} T \leq S \quad \dots\dots (3.3.2) \\ 1 \leq T \quad \dots\dots (3.3.3) \\ 2T\bar{c} + (S-T)\bar{d} \leq Y \end{array} \right.$$

$$\dots\dots (3.3.4)$$

ここで、

T : cycle 数

S : sojourn 数

\bar{c} : Home-based trips

における平均トリップ時間

\bar{d} : Non-Home based trips における平均トリップ時間

Y : トリップ時間に関する予算 (time budget constraint)

ここで式(3.3.1)で書き表わされる効用は、次の3つのファクターに分けられている。

① スケジュール利便性 $\dots\dots (-\alpha \cdot S/T)$

1 サイクル当りのソージャー数が少ないほど利便性が高い。つまり、ピストン型
(1 サイクル1ソージャー)の場合に最大値を持つ。

② トリップに要する一般化費用 $\dots\dots (-2T\bar{c} - (S-T)\bar{d})$

1 トリップチェーン内で T サイクル S ソージャーの場合であれば、

Home-based trips (すなわち、トリップエンドをHome basedとするもの) は $2T$ 回

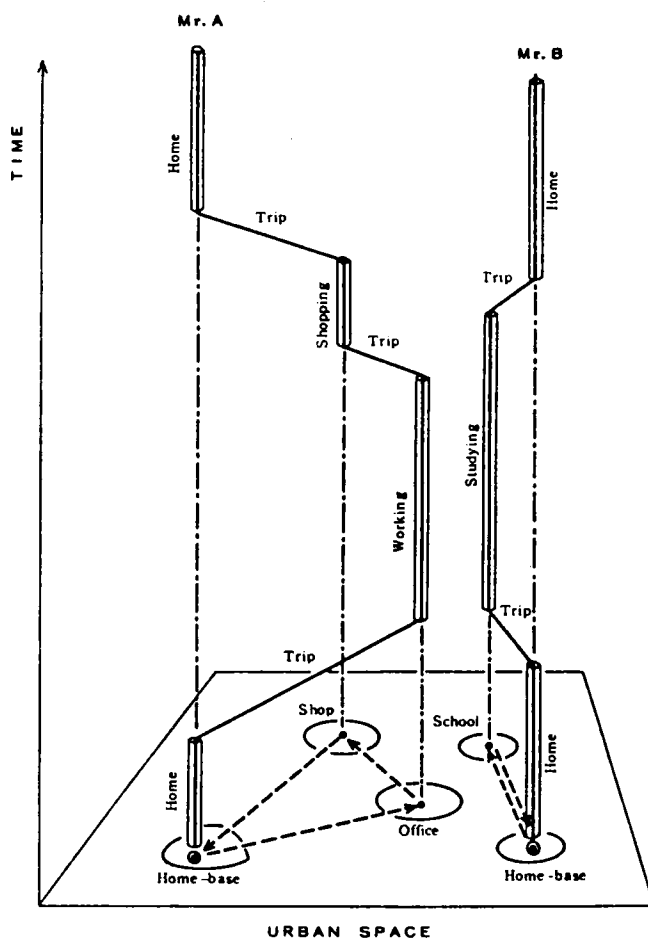


図3-3-1 時空間における活動とトリップの連結状態
(近藤(1976)より引用)³⁸⁾

Non-Home based trips (すなわち、トリップエンドをどちらもH,Bでないもの)は $(S-T)$ 回となる。

③ アクティビティ効用 …… ρS

1日に訪れるソージャー数が多いほど効用が大きい。

これを仮りに、ラグランジュ未定乗数法によって最適解 T^*, S^* を求めると、以下ようになる。

$$T^* = \left[\frac{\alpha Y}{\rho(2\bar{c} - \bar{d})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (3.3.5)$$

$$S^* = \frac{1}{d} \left[Y - \left\{ \frac{\alpha Y(2\bar{c} - \bar{d})}{\rho} \right\}^{\frac{1}{2}} \right] \quad \dots\dots\dots (3.3.6)$$

$$= \frac{1}{d} \left[Y - (2\bar{c} - \bar{d})T^* \right] \quad \dots\dots\dots (3.3.6')$$

ここで式(3.3.6')の関係より、これはある予算制約 Y のもとで S^* と T^* とのトレードオフの存在を表現するものといえる。

しかしながら、この定式化における時間制約とは、トリップをするための移動時間内に関するものであった。そこでこの時間制約を1日全体の活動時間 Z とし、さらに、効用関数の中にO.B上でのアクティビティ効用としての $\eta(T-1)$ を導入すると、

$$U' = (-\alpha \cdot S/T) + (-2T\bar{c} - (S-T)\bar{d}) + \rho S + \eta(T-1) \rightarrow \max \quad \dots\dots\dots (3.3.7)$$

sub. to

$$\begin{cases} T \leq S \\ 1 \leq T \\ 2T\bar{c} + (S-T)\bar{d} + a(T-1) + bS \leq Z \end{cases} \quad \dots\dots\dots (3.3.8)$$

ここで、 a : O.B上での平均活動時間(サイクル生成後一旦帰社して次のサイクルを生成するまでの時間)

b : 各ソージャーにおける平均滞在時間

Z : 1日全体の活動時間

となる。ここで、1日全体の活動時間としたため、新たにO.B上およびソージャー上での平均滞在時間が必要となっている。この最適解は次のようになる。

$$T^* = \left[\frac{\alpha Z}{(\bar{d}+a)\rho - (\bar{d}+b)\eta + (b-a)d} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (3.3.9)$$

$$S^* = \frac{1}{\bar{d}+b} [Z - (\bar{d}+a)T^*] \quad \dots\dots\dots (3.3.10)$$

ここで、 $\eta=ma$ 、 $\rho=mb$ とおくことによって、アクティビティ効用と滞在時間との関係が比例的であると仮定するならば、そのとき式(3.3.11)、式(3.3.12)は次のようになる。

$$T^* = \left[\frac{\bar{d}Z}{(1+m)(b-a)d} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (3.3.11)$$

$$S^* = \frac{1}{\bar{d}+b} [Z - (\bar{d}+a) \left\{ \frac{\bar{d}Z}{(1+m)(b-a)d} \right\}^{\frac{1}{2}}] \quad \dots\dots\dots (3.3.12)$$

したがって式(3.3.12)からわかるように、やはり、1日の活動時間が一定のもとで、 T^* と S^* とは何らかのトレードオフの関係となっているものと言える。ここで、上述の定式化に関して検討を要する重要な点は、目的関数・制約条件式の設定についての妥当性であろう。例えば、制約式および目的関数の中でのサイクル数 T とソージャー数 S の関係は、トリップチェーンの表示の上での定義に由来するもので問題はないのであるが、活動時間に関する制約式(式(3.3.4)あるいは式(3.3.8))に関しては、次の4つの定数が設けられている。

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{c} : \text{Home-based trips における平均トリップ時間} \\ \bar{d} : \text{Non-Home based trips における平均トリップ時間} \\ a : \text{O.B上における平均活動時間} \\ b : \text{各ソージャーにおける平均滞在時間} \end{array} \right.$$

すなわち、これら4つの定数はサイクル数やソージャー数にかかわらず一定値であることが仮定されているわけである。今、もし、O.B上での活動時間や各ソージャーでの滞在時間がチェーン内のソージャー数などに従属的な関係であるならば、これまでの定式化は再考されなければならないし、また何よりも、トリップ連鎖パターンとこれらの活動時間特性との諸関係を実証的に示していくことが肝要と考えられる。

そこで次項以下では、1日のトリップ連鎖パターンの生成特性を時間的 phase の中でとらえるため、次の3つの具体的な観点から分析を進めることにする。

- (1) トリップ連鎖パターン別にみたチェーン内1トリップ当りのトリップ時間特性
- (2) トリップ連鎖パターン別に各業種の業務活動における滞在時間特性
- (3) トリップ連鎖パターン別に各業種の1日の活動時間配分パターン

3-3-2 実証的分析結果の考察

(1) 平均トリップ時間

これは、個々のトリップチェーンに対してまずトリップ連鎖パターンに類型化し、そのチェーン内トリップ1トリップ当りの平均所要時間を求めることにより、各トリップ連鎖パターン別の平均値やその分布を調べたものである。なお、分析対象データは、前節で扱った大阪市内の事業所をO.Bとする業務トリップチェーンデータである。

- ① まず、トリップ連鎖パターン別にみた1トリップ当りの所要時間の分布(図3-3-2 参照)を見てみると、ピストン型パターンは、所要時間の短い(0分~10分)ときと逆に長い(60分~80分)ときに大きな割合を占め、一方、立ち回りパターンではその中間(10~60分のランク)が割合として大きくなることがわかる。
- ② 次に、1サイクル巡回型のトリップ連鎖パターン間の比較および複数サイクル型パターン間の比較のため、各トリップ連鎖パターンの平均トリップ時間分布を図3-3-3、図3-3-4に示す。これより、ピストン型パターンは、やはり、所要時間の短いランクと長いランクにも見られ、そのばらつきの大きいことを物語っている。そして複数サイクル型パターン間を比較すれば、ソージャー数増加(同時にサイクル数も増加するが)とともに、平均トリップ時間が短くなる傾向があることがわかる。

(2) 1日の諸活動時間特性

1日の事業所をベースとした業務活動の中では、訪問先での用務の達成のために費やされるソージャー滞在時間、複数サイクルの生成により一旦帰社してから次のサイクルを開始するまでのサイクル間ベース活動時間、そしてトリップ所要時間としてのベースを発(着)エンドとするトリップの時間とソー

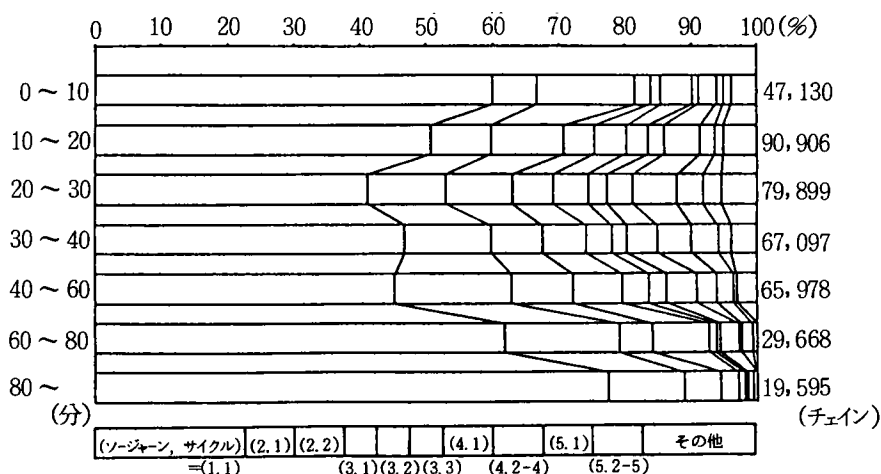


図3-3-2 平均トリップ時間別にみたトリップ連鎖パターンの構成

ジャー間トリップの時間に分けて考えることができる。そこで各トリップ連鎖パターン別・業種別にそれぞれの平均値を算定することにより、業種別トリップ連鎖パターンの生成との関係を考察した。その結果、

① 業種別1ソージャーン当り平均滞在時間を図3-3-5（その1）～（その7）に示すと、どの業種についてもソージャーン数の増加とともに指数的に減少している。業種別に見れば、建設業、金融・不動産・電気・ガス、小売業がピストン型での平均滞在時間が約2時間半から約5時間（建設業の場合）と比較的長いため、ソージャーン数の増加につれて急激に短くなっている。また1サイクル型

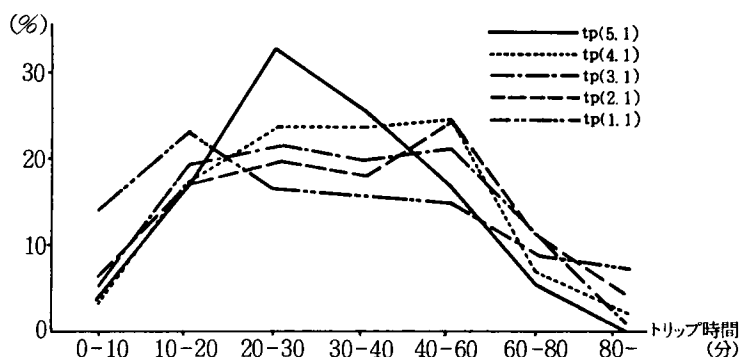


図3-3-3 トリップ連鎖パターン別平均トリップ時間分布（1サイクル型）

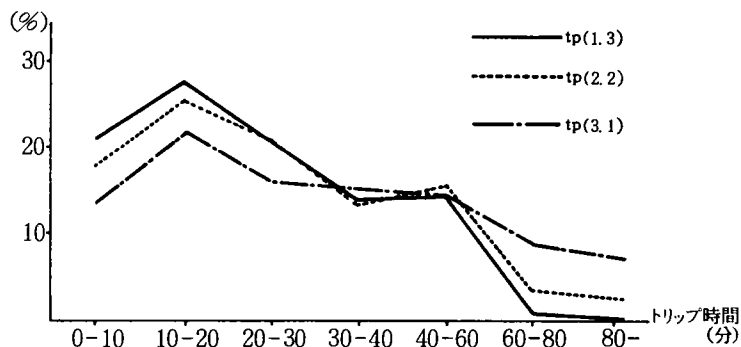


図3-3-4 トリップ連鎖パターン別平均トリップ時間分布（複数サイクル型）

から2サイクル型あるいは3サイクル型へサイクル数が増加すると、どのソージャーン数でも滞在時間が短くなっている。これらの傾向については、従来のソージャーン数選択率に見られる理論的解釈の可能性もあると思われ、トリップ連鎖パターンの生成との関係でも今後の課題となろう。

② 次に複数サイクル型におけるベース活動時間の平均値（一旦帰社回数当り）を図3-3-6に示す。これより、ベースにおける活動平均時間は1ソージャーン当り平均滞在時間と同様に、ソージャーン数の増加とともに減少する傾向にあるが、ソージャーンでの平均滞在時間ほど一定の傾向をもっているわけでない。また、業種別の差異を見出すことは難しい。これは、複数サイクルの生成時刻分布という別の要因が影響しており、またあらかじめ活動時間配分の中で割り振られていても結果的にソージャーン滞在時間やトリップ時間の変動のため、変化するためにトリップ連鎖パターンそのものとの関係が薄れてしまうことによると考えられる。

③ 最後に事業所を発（着）エンドとするトリップの平均所要時間とソージャーン間トリップの平均所

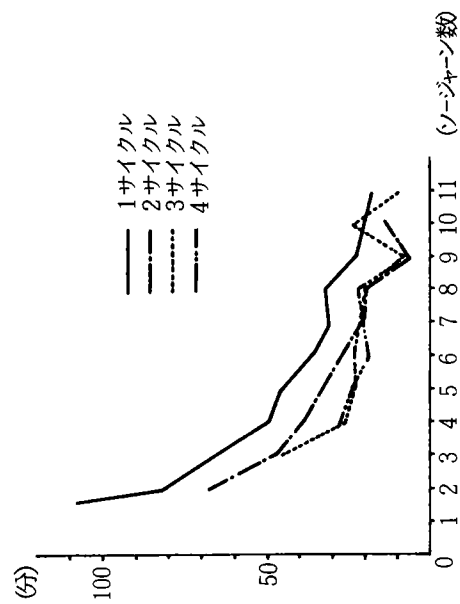


図3-3-5 業種別1ソージャーン当り平均滞在時間 (全業種) (その1)

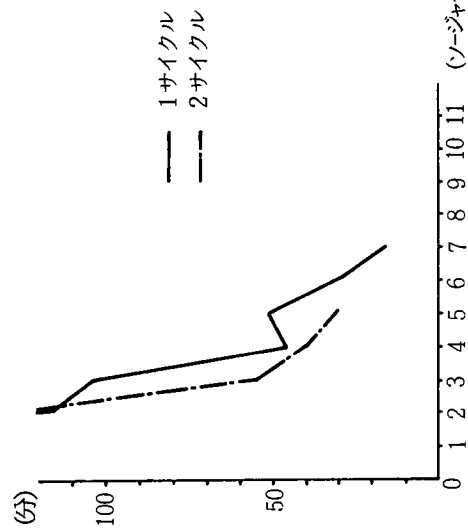


図3-3-5 業種別1ソージャーン当り平均滞在時間 (建設業) (その2)

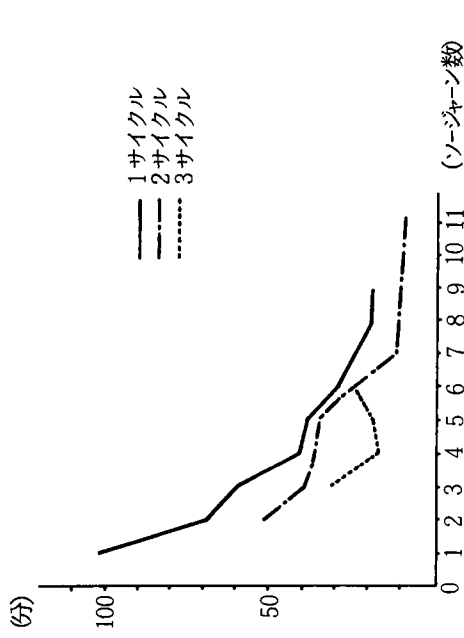


図3-3-5 業種別1ソージャーン当り平均滞在時間 (製造業) (その3)

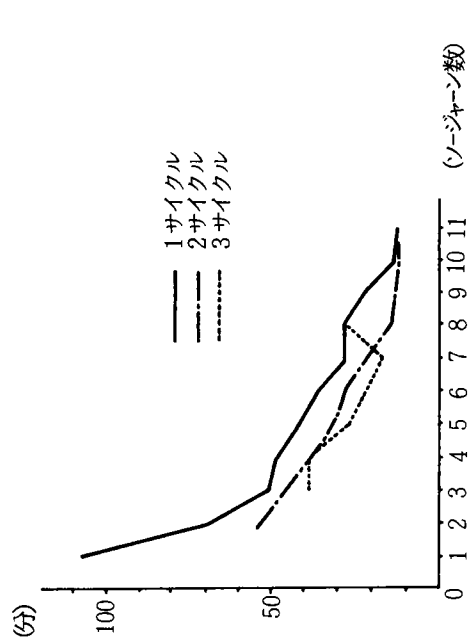


図3-3-5 業種別1ソージャーン当り平均滞在時間 (卸売業) (その4)

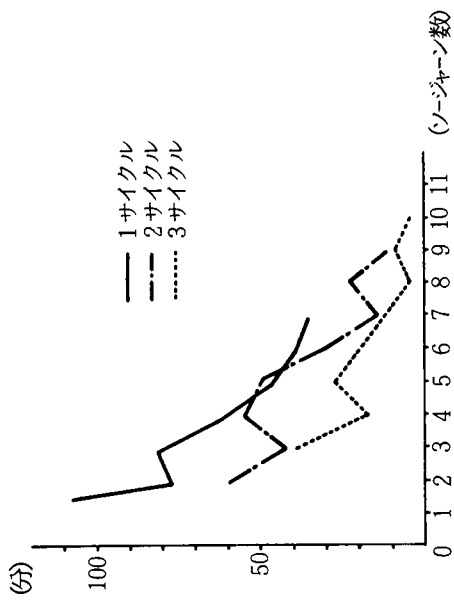


図3-3-5 業種別1ノ・ジャン当り平均滞在時間（小売業）(その5)

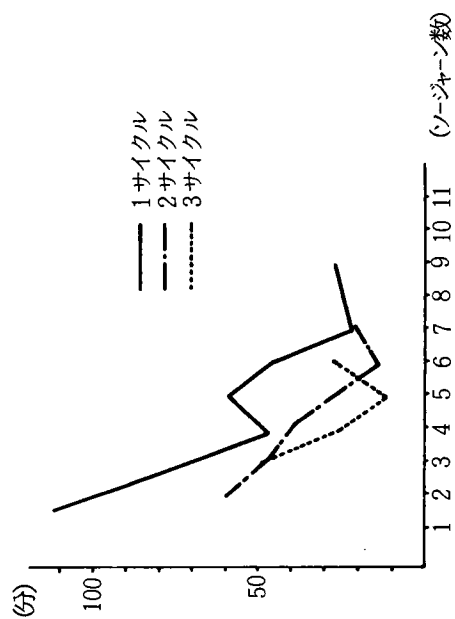


図3-3-5 業種別1ノ・ジャン当り平均滞在時間（サービス業）(その6)

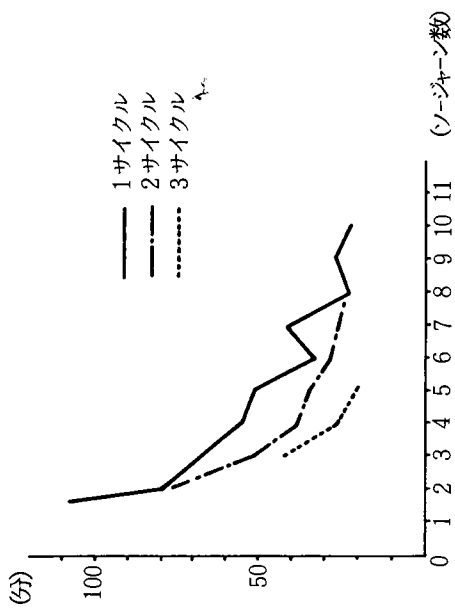


図3-3-5 業種別1ノ・ジャン当り平均滞在時間（金触・ガス他）(その7)

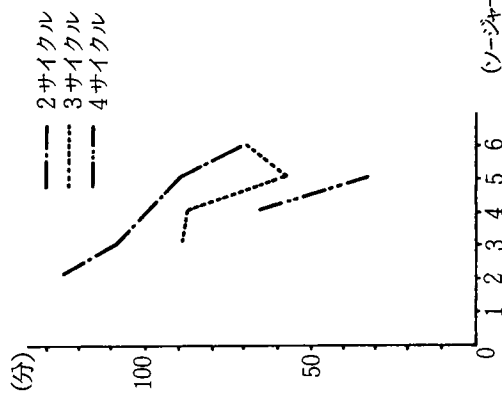


図3-3-6 業種別平均ベイス活動時間（全業種）

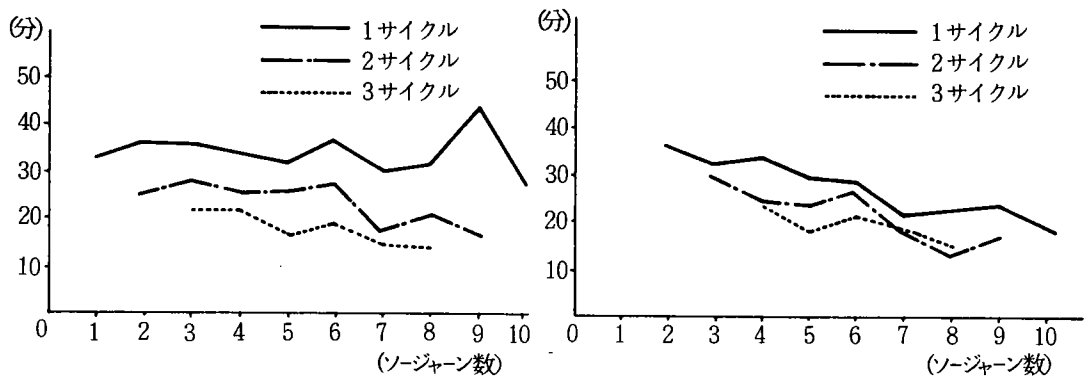


図3-3-7 トリップ連鎖パターン別平均トリップ所要時間

要時間を図3-3-7 (その1), (その2) に示す。

なお、図中に示したそれぞれの値は、業種別にはほとんど差異が見られないことから全業種についての平均値である。これより複数サイクル型になるにつれて両者の平均値が小さくなるが、ソージャン数の増加にはあまり影響を受けないことがわかる。

(3) 1日の平均的な活動時間配分

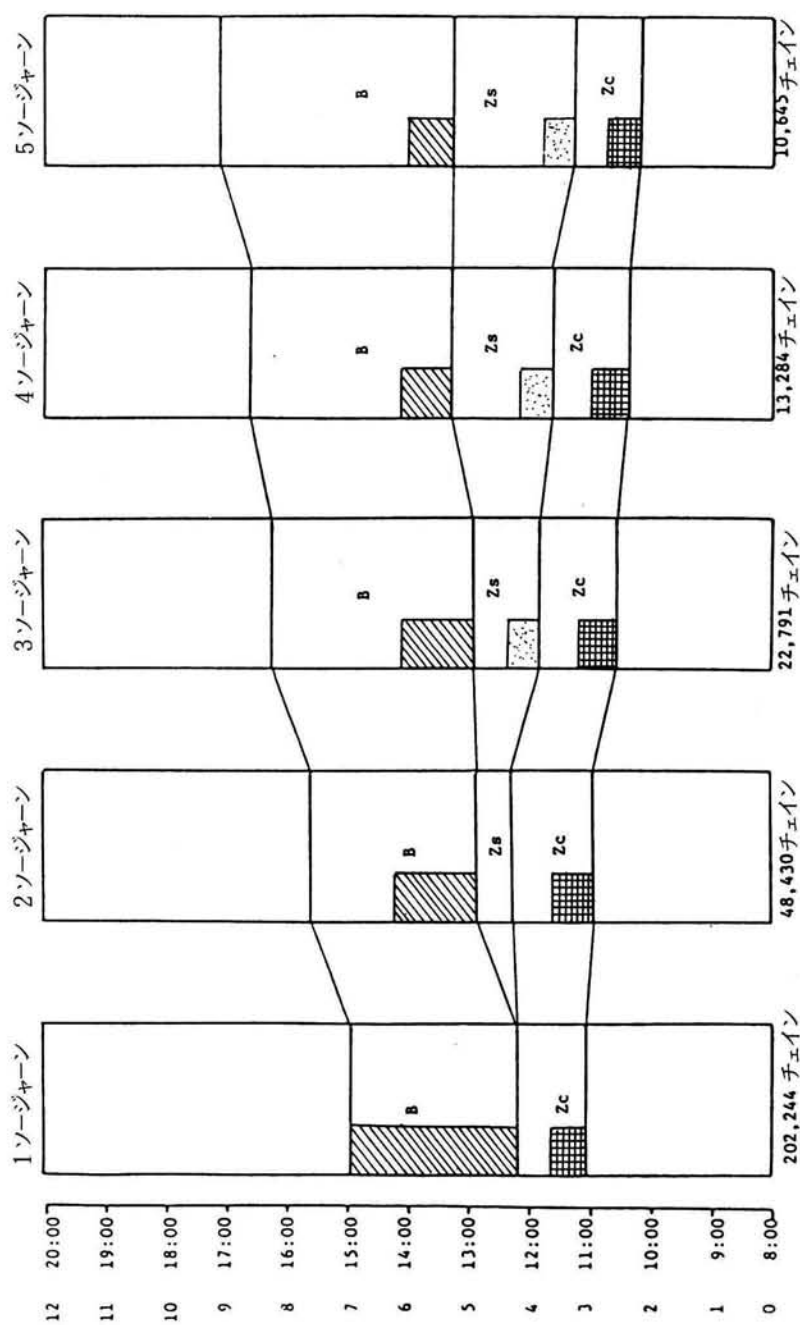
上述の各活動形態における平均的な時間特性に加え、業務トリップチェーンの中の第1トリップの発時刻および最終トリップの着時刻についてもその平均値を算定することにより、1日全体における各トリップ連鎖パターンにおける平均的な活動時間配分を表現することが可能となる。すなわち、あるトリップ連鎖パターン $tp(s, l)$ (s : ソージャン数, l : サイクル数) に対して、次式で示される時間制約式を考えることにする。

各 $tp(s, l)$ に関して、

$$Y_{tp} = (l-1)\bar{a}_{tp} + S\bar{b}_{tp} + 2 \cdot \bar{c}_{tp} \cdot l + (s-l)\bar{d}_{tp} \quad \dots\dots\dots (3.3.13)$$

- ここで、 Y_{tp} : 1日の活動時間の合計 (= 着時刻 - 発時刻)
 \bar{a}_{tp} : ベースにおける平均活動時間 (複数サイクル1回当たり)
 \bar{b}_{tp} : 1ソージャン当り平均滞在時間
 \bar{c}_{tp} : ベース発(着)エンドトリップの平均所要時間
 \bar{d}_{tp} : ソージャン間トリップの平均所要時間

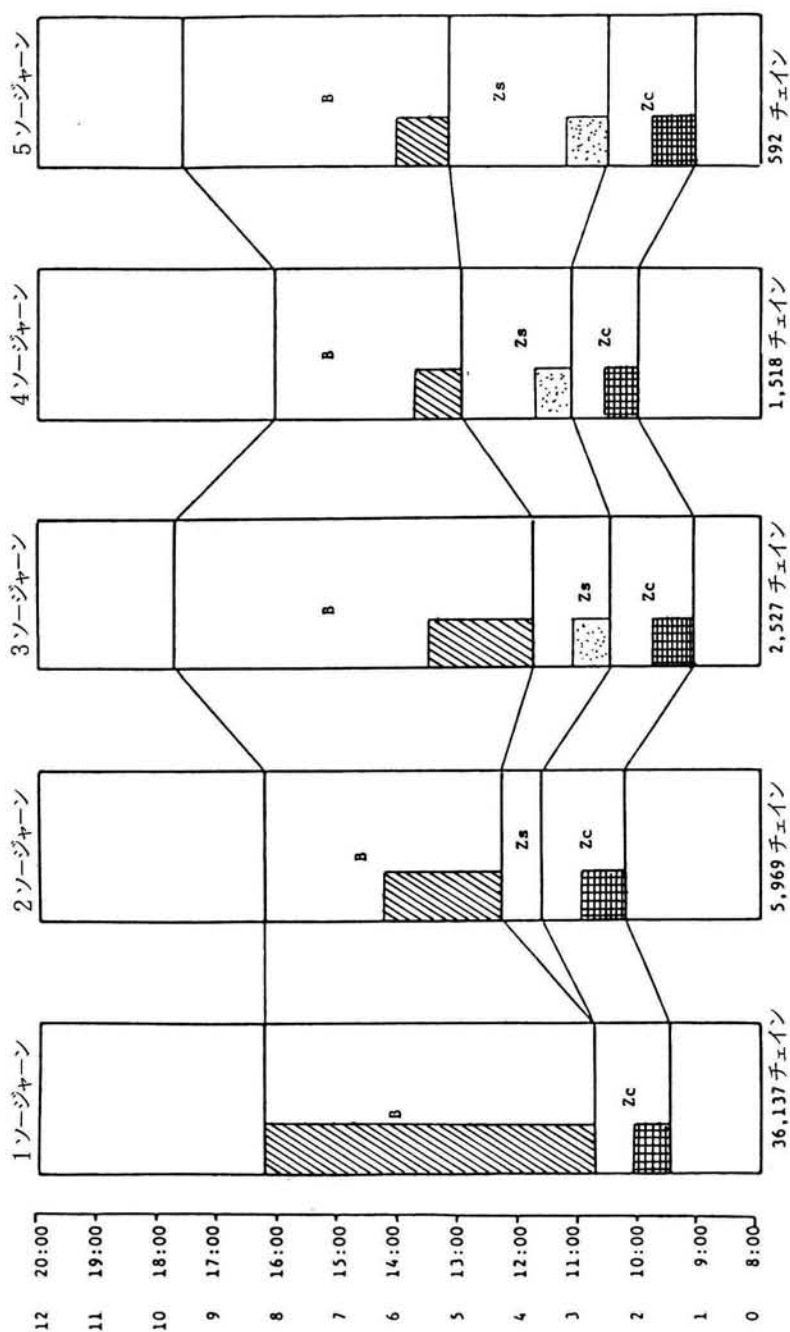
そこで、上式を用い業種別に各トリップ連鎖パターンごとの平均的な活動時間配分の構成を求めた。ここで、図3-3-8 (その1)~(その6) に1サイクル型を例に業種別の結果を示すと、どの業種につい



表中は、1ソージヤーン当り平均滞在時間(分)
 表は、ソージヤーン間1トリップ当り平均トリップ時間(分)
 表は、ベイス発着エンド1トリップ当り平均トリップ時間(分)

B: ソージヤーンでの平均滞在時間(分)
 Zc: ベイス発(着)エンド平均トリップ時間(分)
 Zs: ソージヤーン間平均トリップ時間(分)

図3-3-8 業種別トリップ連鎖パターン別1日の平均活動時間配分1サイクル型(全業種)(その1)

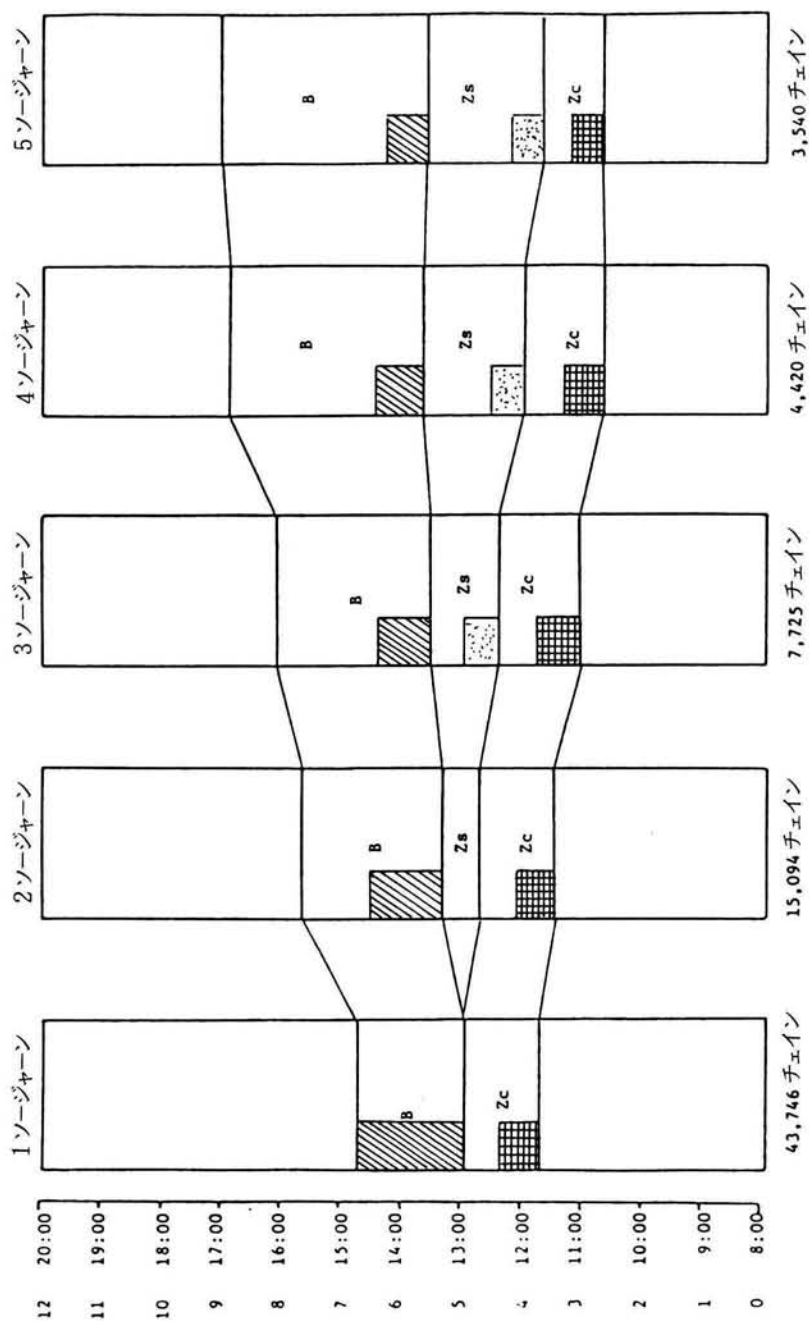


表中は、1 ソージャー当り平均滞在時間 (分)
 B : ソージャーでの平均滞在時間 (分)
 Zc : ベース発(着)エンド平均トリップ時間 (分)
 Zs : ソージャー間平均トリップ時間 (分)

図 3-3-8 業種別トリップ連鎖パターン別 1 日の平均活動時間配分 1 サイクル型 (建設業) (その 2)



図 3-3-8 業種別トリップ連鎖パターン別 1 日の平均活動時間配分 1 サイクル型 (製造業) (その 3)

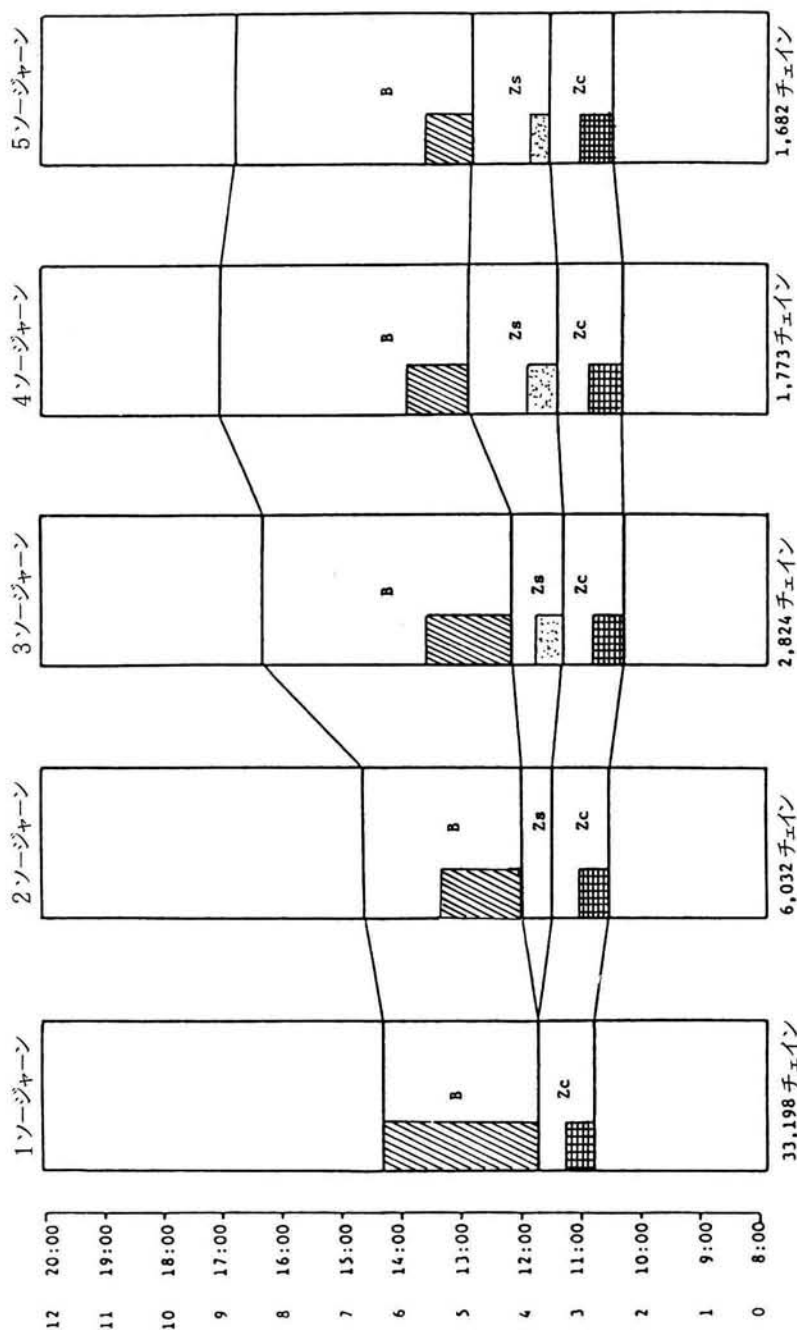


表中は、1ソーシャーン当り平均滞在時間 (分)

は、ソーシャーン間1トリップ当り平均トリップ時間 (分)

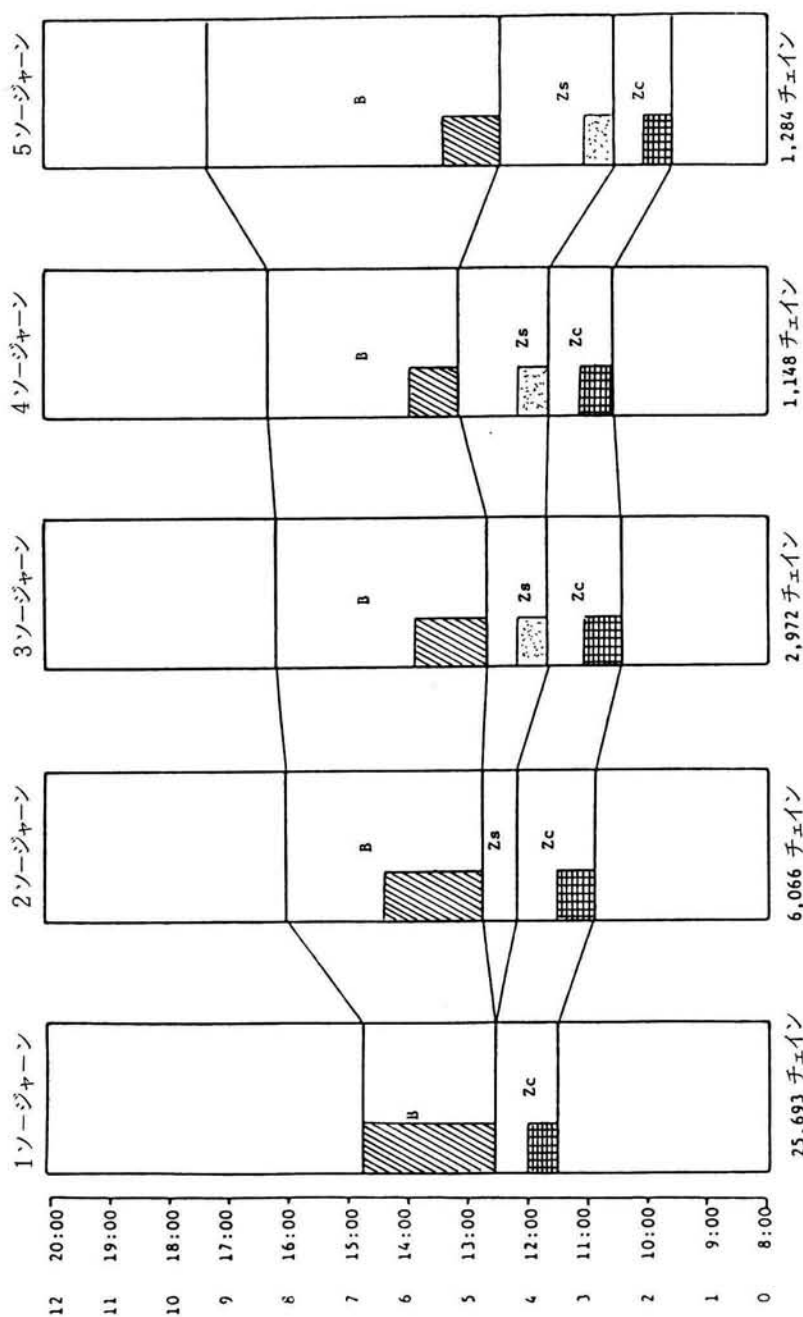
は、ベイス発着エンド1トリップ当り平均トリップ時間 (分)

図 3-3-8 業種別トリップ連続パターン別1日の平均活動時間配分1サイクル型 (卸売業) (その4)



表中は、1ソージャーン当り平均滞在時間(分)
 B : ソージャーンでの平均滞在時間(分)
 Zc : ベイス発(着)エンド平均トリップ時間(分)
 Zs : ソージャーン間平均トリップ時間(分)

図3-3-8 業種別トリップ連鎖パターン別1日の平均活動時間配分1サイクル型(小売業(その5))



表中Bは、1ゾーン当り平均遅在時間 (分)
 Zcは、ゾーン間1トリップ当り平均トリップ時間 (分)
 Zsは、ベース発着エンド1トリップ当り平均トリップ時間 (分)

図 3-3-8 業種別トリップ連鎖パターン別1日の平均活動時間配分1サイクル型 (サービス業) (その6)

ても、ソージャー数増加とともに発時刻を早くし、また着時刻を遅くすることで1日全体の業務活動時間を長くする傾向がみられる。これまでの分析で見てきたように1ソージャー当りの滞在時間はソージャー数増加とともに減少するが、ソージャー数全体としては滞在時間が増加する。また、ベースでの活動時間も増加し、さらにトリップ所要時間もトリップ数の増加分だけやはり増加してしまうために、このような結果を生じるものと考えられる。

3-4 結 論

本章においては、トリップチェーンの表示法の一つであるトリップ連鎖パターンに関して、筆者らによって進められてきた研究事例を中心にその実態分析結果の紹介を行ってきた。1日の人や車の動きを把握する上でここで着目しているトリップ連鎖パターンは、おそらく最もわかりやすく、そして交通の一般的な性質を規定するいくつかのファクターを容易に内包化できるため、実態分析を通じてその基本的理解は非常に重要であるといえる。

具体的な分析事例では、まず車および人のトリップチェーンデータをもとに、代表的なトリップ連鎖パターンの類型化が中心的な検討課題であった。その結果を要約すれば、カートリップチェーンの場合にパーソントリップチェーンに比較して若干のパターンの多様性が見られるものの、ピストン型、トライアングル型、ダブルピストン型、そして1サイクル巡回型（トリップ回数で4ないし5）といった代表的パターンの抽出ができ、また、車利用を前提とするためにその車がその日に利用に供される第1トリップの目的によってトリップ連鎖パターン構成が異ってくることがわかった。そしてパーソントリップチェーンでは、こうした代表的なパターンについて昭和55年度および昭和45年度の2時点間においてほとんど変化しないことが明らかにされ、都市域の人の動きにおける定型的なパターンを抽出することができた。

次に、トリップ連鎖パターンとチェーン内各トリップの目的構成を調べたところ、人および車の両者の動きについてトリップ目的の複雑な混在パターンは見られず、とくにH.BやO.B上で生成されるサイクル単位では、ほとんどが単一目的で構成される傾向にあることがわかった。これは、トリップチェーンの生成におけるベースやサイクルの役割の重要性をあらためて浮き彫らせるものと言え、次章以降の展開にとって大きな収穫であった。さらに、それにつづくトリップメーカーのもつ個人属性との関係についての実態分析では、業務トリップチェーンの中でのトリップ連鎖パターンがそのトリップメーカーの業種、職種に大きく規定され、業務交通自体のもつ経済活動の派生需要としての性質が無視できないことがわかった。

最後に、前章で議論したトリップチェーン研究の関連する領域としてのアクティビティ・アプローチならびに効用最大化モデルの観点に立つことにより、1日の活動時間配分とトリップ連鎖パターンとの関係

についての実証的分析がなされた。そこでは、とくにチェーン内の1ソージャー当りの平均滞在時間がどの業種についてもソージャー数の増加とともに指数的に減少し、さらに同様の傾向がサイクル数の増加とともに生じているという興味深い結果を得た。また、チェーン内トリップの平均所要時間は、ベース（事業所）を発エンドあるいは着エンドとするトリップにおいても、また、ソージャー間トリップにおいても、業種による差異はなくかつ複数サイクル型になるにつれてその平均値は若干小さくなる傾向があるものの、チェーン内のソージャー数によってはあまり影響を受けないことがわかった。さらに1日の活動時間配分については、チェーン内のソージャー数の増加とともに発時刻を早くし、また着時刻を遅くすることで1日全体の業務活動に従事する時間を長くする傾向にあることが示された。これらの分析結果は、アクティビティ・アプローチでの最近のテーマである time-budget や time-allocation の問題としても、今後の研究をより魅力的なものにするものであるが、現在のところそのメカニズムの解明にとっては初歩的な段階を脱していない。

本章での実態分析事例は、いずれも本研究のメインテーマである交通需要分析を進める上で、その基礎的な集計分析として位置づけられるものであり、当然のことながら次章以降の具体的な交通需要推計モデルと密接に関連する。さらに、ここで取上げなかった他の分析視点に関する検討はそれぞれのモデルの紹介のときにこれとは別途に詳述していきたい。

第3章 参考文献

- 1) 佐佐木綱：“パーソントリップパターンの一分類法”，「交通工学」，Vol.No.1，pp. 3-9
1969年
- 2) 佐佐木綱・岡本利章：“パーソントリップ手法の解析と適用”，第10回日本道路会議，pp.191
- 193，1971年
- 3) 近藤勝直：“都市内の交通機関別OD交通量の推定に関する研究”，京都大学修士論文，
1972年
- 4) 小川博三・山形耕一・渡部宜弘：“札幌市におけるトリップチェーンの分析”，第30回JSCE
年講，pp.136-137，1975年
- 5) 京阪神都市圏パーソントリップ調査委員会：“現況解析編”，pp.70-75，1972年
- 6) 小川裕章・松原重昭：“東京都市圏における自動車の便われ方—トリップチェーンによる分析”
「道路」，1977年12月号，pp.31-37，1977年
- 7) 大阪市総合計画局調査課：“自家用車使用目的形態分析マイカーに関する集計”，1976年
- 8) 京阪神都市圏パーソントリップ調査委員会：“トリップ生成の解析”，pp.31-38，1974年
- 9) 佐佐木綱：“都市交通計画”，国民科学社，1974年
- 10) 近藤勝直：“トリップチェーン手法を用いた都市交通需要推計プロセス”，京都大学学位論文，
1977年
- 11) 佐佐木綱・西井和夫：“都市内における自動車トリップパターンの分析”，第33回JSCE 年次学
術講演会概要集（第IV部門），pp.55-56，1978年
- 12) 佐佐木綱・西井和夫：“企業規模に着目した都市内業務トリップチェーンの分析”，第34回JSCE
年次学術講演会概要集（IV部門），pp.76-77，1979年
- 13) 佐佐木綱・西井和夫・山崎聡一：“訪問先に着目した都市内業務交通の発生集中量の推計”，
第35回JSCE 年次学術講演会概要集（第IV部門），pp.75-76，1980年
- 14) 佐佐木綱・西井和夫・松浦章：“物資流動にもとづく都市内貨物OD交通量に関する考察”，
昭和55年度JSCE 関西支部年次学術講演会概要集，IV-10-1-IV-10-2，1980年
- 15) 佐佐木綱・西井和夫・稲松敏彦：“貨物車運行パターンに着目した都市内物資流動分析”，
昭和55年度JSCE 関西支部年次学術講演会概要集，IV-11-1-IV-11-2，1980年
- 16) 佐佐木綱・井上矩之・西井和夫・他編：昭和55年度，56年度，文部省科学研究費試験研究(2)
No.00585157「物資流動パターン分析にもとづくトリップ変換モデルに関する研究」研究成果報告
書，第4章 都市内貨物車運行パターンに関する基礎的分析，pp. 64-88，1982年

- 17) 西井和夫：“都市内貨物車の1日の運行パターンに関する基礎的考察”，KIIS(財) 関西情報センター発行)，Vol. 42, pp. 1～8, 1982年
- 18) 佐佐木綱・近藤勝直・西井和夫・川田均：“1日のトリップパターンからみた交通機関選択に関する基礎的考察”，一地方都市圏（備後圏）P.T調査より― 第4回土木計画学研究発表会講演集，pp. 456～460, 1982年
- 19) 西井和夫・内達朗：“トリップチェインデータを用いた交通機関選択に関する基礎的分析”，昭和57年度JSCE関西支部年次学術講演会概要集，IV-50-1～IV-50-2, 1982年
- 20) 近藤勝直：交通需要分析とアクティビティアプローチ”，六甲台論集，Vol. 28, No. pp. 107-122, 1981年
- 21) 西井和夫・薬師寺清幸・植林俊光：“1日の交通行動パターンに着目した交通手段選択モデル”，昭和59年度JSCE関西支部年次学術講演会概要集，IV-42-1～IV-42-2, 1984年
- 22) 西井和夫・井上敬三・河辺隆英：“トリップ連鎖パターンの生成に関する基礎的考察”，―業務トリップチェインデータを対象として―，昭和59年度JSCE関西支部年次学術講演会概要集，IV-36-1～IV-36-2, 1984年
- 23) 西井和夫・井上敬三：“トリップ連鎖パターンを考慮した都市内業務交通需要分析”，昭和59年度JSCE関西支部年次学術講演会概要集，IV-37-1～IV-37-2, 1984年
- 24) 前掲 11)
- 25) 京都都市圏交通計画調査報告書，1970年
- 26) 前掲 21)
- 27) 前掲 22)
- 28) 前掲 22)，および 23)
- 29) Hemmens G. C. (1970)：“Analysis and Simulations of Urban Activity Patterns”，Socioeconomic Planning Sciences, Vol. 4, No. 1.
- 30) Hägerstrand T. (1973)：“The Impact of Transport on the Quality of Life”，Introductory Report No. 1, Proc. of the 5th Intl. Sympo. on Theory & Practice in Transport Economics.
- 31) 前掲 10)
- 32) Adler T., Ben-Akiva M. (1979)：“A Theoretical and Empirical Model of Trip Chaining Behaviour”，Transpn. Res., 13B-3, pp. 243-257.
- 33) 近藤勝直：“交通需要分析の新展開 ―活動連結メカニズムの解明―”，交通学研究，1981年研究年報，pp. 109-122, 1981年

第4章 発生集中量ならびにOD分布量推計プロセスに関するトリップチェーンモデル

4-1 概 説

前章までの議論では、トリップチェーンの考え方ならびにその表示を中心に、これまでの研究経緯の回顧と具体的なデータを通じてのトリップ連鎖パターンの実態分析が明らかにされた。これにより、本研究の中での大きな着眼点、すなわち、トリップチェーンの表示を“トリップ連鎖パターン”によって行っていくことに関しては、基本的な理解が可能となったものと考えられる。そして、ここで注目しておきたいことは、一見複雑な様相を呈しているようにみえる個個人の1日の交通行動パターンも都市域全体として眺めればいくつかの代表的なパターンに類型化が可能であり、また、それらは、ベースを活動拠点とするサイクルの生成特性（サイクル内目的構成、目的サイクル）やトリップメーカーの個人属性に主に規定されるということである。そこで本章では、こうしたトリップ連鎖パターンに着目することによってとらえることのできるトリップチェーンの諸性質を明示的に取扱うことを目的として、新しい交通需要分析フレームを考えてみたい。

交通需要分析において、従来のトリップ単位によるアプローチは、段階的推定法（Sequential travel demand forecasting method）として開発され、現在ではパーソントリップ法と呼ばれる体系的な需要予測プロセスが実用に広く供されている。¹⁾ 発生集中量ならびにそれにつづくOD分布量推計プロセスは、その中では交通の空間的な分布パターンを量的に把握するものとして位置づけられ、将来の圏域の土地利用形態や社会経済指標を与件としたときの発生集中量の推計と、その推計値を周辺分布としたOD分布量推計の2段階から成るものである。そして通常のステップでは、交通機関の分担プロセスをOD分布量推計プロセス前後に挿入し、それにつづき交通量配分プロセスへ関係されるわけであり、その結果は、圏域の長期的なネットワーク形成やその評価に関する計画情報として用いられる。したがって各トリップのOとDからとらえた分布パターンやその量としてのOD分布量は、圏域内のネットワーク形成（道路網、鉄道網などの交通網全体）を考えていく上でその流動パターンを規定するものとして重要なファクターといえるし、また、OD分布量を周辺分布の形で集約した発生集中量は、それら流動の発生源、吸収源として当該圏域の各ゾーンの交通施設の整備水準を検討する上でも重要な役割を演じるものと言うことができる。その意味からも、トリップ単位のアプローチだけに限らずトリップチェーンのアプローチであっても、交通需要分析フレームの中で発生集中量ならびにOD分布量が得られ、それらに関する諸検討が十分できることは、大きな前提条件となるといっても過言ではない。

そこで本章における論点として、交通需要分析の中での発生集中量ならびにOD分布量推計プロセス

に限定し、第2章にて述べたトリップチェーン的なアプローチの有効性や従来のトリップ単位では捨象されてしまう諸性質を踏まえたトリップチェーンモデルの構築とそれに関する諸検討を中心に据えることにする。すなわち、ここで提案されるモデルは、トリップチェーンの性質を内包化した形で交通需要予測プロセスの中での発生集中量あるいはOD分布量を推計することを目的としている。そして第2章で触れたトリップチェーン的なアプローチの有効性との関連では、とくに交通需要の派生的性質を明示的に取扱うこと、ならびに交通における1日完結性とトリップ連鎖パターンの有する諸性質の2点がモデル構築の中で大きな比重を占めている。これらの観点は、従来のトリップチェーンモデルにおいてさえ十分な議論がされていないものであり、本研究における特徴点の一つといえる。なお、交通手段選択問題に関するトリップチェーン的なアプローチからの展開は次章にて別途に詳述することにし、ここでの議論の枠組みから除外して考える。また、トリップの連鎖性に関しては、従来のマルコフ連鎖モデルにおいて争点となっており、特に交通手段選択プロセスまでも包含したシステムティックな記述がなされてきているが、ここで提案されるモデルとそれらとの関係は、次章における交通手段選択モデルとそれらとの関係についての検討と併せて議論していきたい。

まず次節においては、トリップ連鎖パターンを規定するものとしてのトリップチェーン内のソージャー数に着目した業務交通の発生集中量推計モデルが紹介される。これは、都市域の業務交通が経済的諸活動の派生需要としての性格を濃く有し、また1日に立ち回る訪問先がそれら経済活動の中での顧客や取引先を意味するから、その訪問先数や立ち回りパターンは、トリップメーカーの属する業種の用務内容によって規定されと考えられ、トリップチェーン的なアプローチからのモデル化の可能性とその妥当性が示唆されるからである。次に第3節では、このモデルを基本モデルとしたときにOD分布量推計への拡張が試みられる。その際、トリップチェーンの諸性質の中で従来の研究事例においてはあまり言及されていない“巡回に関する行動原理”あるいは広義な意味からスケジューリング (Scheduling) についての実証的考察を踏まえることにより、最短巡回問題に帰着させたOD分布量推計モデルが検討される。そして第4節では、基本モデルの改良による、より一般的なモデルフレームを検討することにし、本研究のメインテーマであるトリップ連鎖パターンを積極的に内包化させた需要予測モデルを紹介する。そこでは、まず分析対象データをカートリップチェーンから業務パーソントリップチェーンデータに変更することで、人の1日の動き全体を眺めることにし、基本モデルにおける議論の骨格的な部分が人の場合においても共通することを検証していきたい。さらに、より洗練化された形での需要予測を目的とするトリップチェーンモデルの構築のため、いくつかの改良点が議論されるとともに、具体的な適用がはかられる。最後にこうした展開の中で明らかとなったモデルの利害得失などを整理し、今後の課題を明らかにする。

4-2 訪問先数に着目した発生集中量推計モデル（基本モデル）

本節では、業務トリップチェーンの中に含まれる訪問先（ソージャー）に注目することで、立ち回りの多寡を反映した発生集中量推計モデルを構築することを目的としている。ここでその具体的な検討に入る前に、本モデルの構築を行う上での基本的な考え方とその背景について触れておくことにする。

一般に都市内の業務交通は顧客や取引先を相手とした業務活動の派生需要として生じ、その1日の動き（トリップ連鎖パターン）は活動時間内での訪問先の数や場所あるいは滞在時間などに規定されよう。すなわち、1人のトリップメーカーにとって言えば、まずその日に立ち回るべき取引先等の訪問先を念頭に置き、事業所と訪問先との位置関係や滞在時間などを考慮して1日の行動パターンを決定しようとするが、場合によっては何らかの偶発的な要因によってそれを変更するかもしれない。そしていずれにせよ1日全体での動きは、24時間ないし活動可能な時間といった *time budget* の制約をもつため1つのトリップチェーンに含まれる訪問先数（ソージャー数）は、トリップ時間や訪問先での滞在時間の影響を受けるものと考えられる。このとき、訪問先における滞在時間やその頻度は、業務内容の差異（例えば、配達納品といった用務では、滞在時間は比較的短かいものの、その頻度は高い、また逆に現場・工場などでの作業を中心とした用務では滞在時間が長く、頻度は低い）によって規定されるので、結局、こうした業務内容の差異を業種特性としてとらえるならば、業種別に見たトリップチェーン内のソージャー数の構成に着目することにより、業務活動の派生需要としての業務交通生成をその業種特性の観点から詳細に議論できるものと考えられる。

本節で具体的な分析対象データは、第1トリップ目的であり原則的にはそれ以降の目的変更のない車利用のトリップチェーン（以下業務トリップチェーンと呼ぶ）であり、前章のカートリップチェーンデータから抽出されたものである。前章で述べたカートリップチェーンのトリップ連鎖パターンに関する実態分析結果を参考にすることにより、業務トリップチェーン内のトリップ回数は9回までを対象としているが、業務目的のトリップがこの業務トリップチェーンデータにどのくらい含まれることになるかを調べてみると、京都市関連トリップチェーンデータで84.2%、また大阪府関連データで87.1%と大半が今回の分析対象データに含まれていることがわかる。また、業務トリップチェーンのうち全トリップ目的が業務または帰宅である割合を業種別に調べてみると、表4-2-1に示すように約90%が業務トリップのみで構成される純粋な業務トリップチェーンであることがわかる。

4-2-1 ソージャー数の選択と業種特性⁵⁾

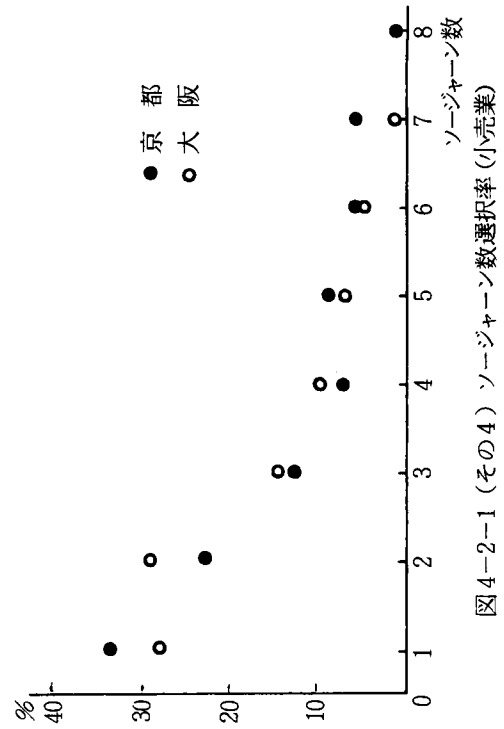
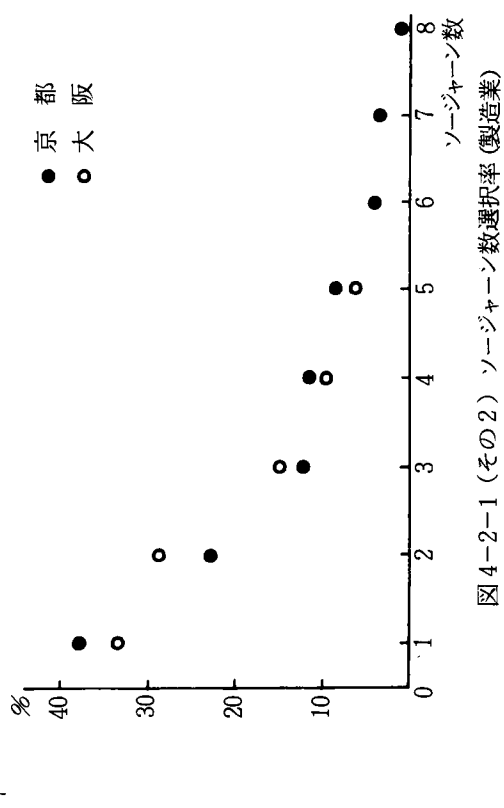
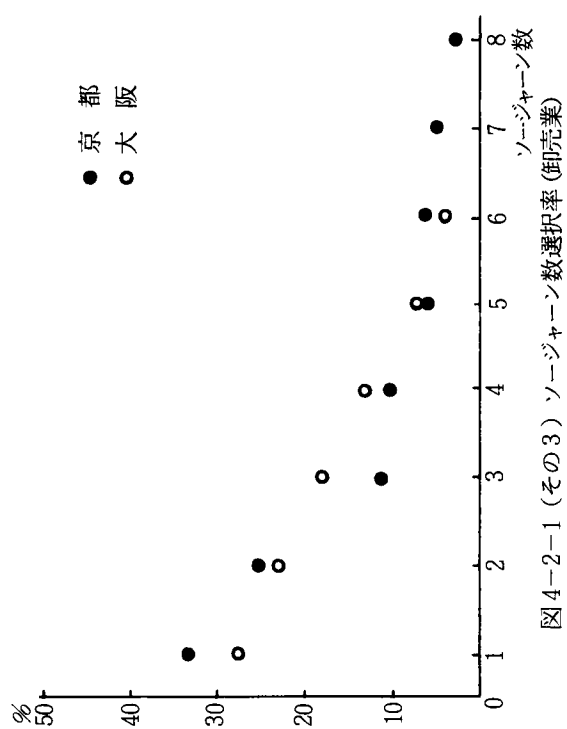
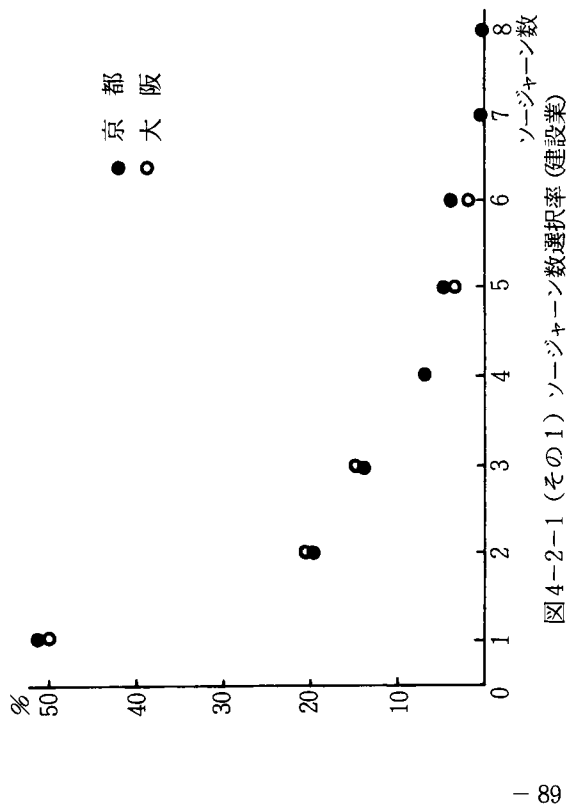
ここでは、業務トリップチェーンの生成に関して、個々のトリップメーカーは、通常その日の立ち回るべき顧客や取引先などのソージャーを念頭に置き、O.Bと各ソージャーとの空間的位置関係やそこの滞在時間をもとに1日の行動パターンを決定しているものとみなしている。そして業務活動の内容がそれぞれの業種によって異なることから、これらO.Bとソージャーとの関係や滞在時間に関する

表4-2-1 業務トリップのみから構成される業務トリップチェーンの割合

対 象 デ ー タ 業 種	京都市関連トリップチェーンデータ			大阪府関連トリップチェーンデータ		
	業 務トリップ チェーン数(A)	全トリップ目的 が業務(帰宅)の トリップチェイ ン数 (B)	B/A	業 務トリップ チェーン数(A)	全トリップ目的 が業務(帰宅)の トリップチェイ ン数 (B)	B/A
農 林 漁 業	81	81	1.000	666	608	0.913
鉱 業	219	219	1.000	1,772	1,733	0.978
建 設 業	3,533	3,269	0.925	25,328	24,486	0.967
製 造 業	10,034	9,239	0.921	64,174	61,629	0.960
卸 売 業	8,473	7,769	0.917	56,281	54,753	0.973
小 売 業	3,089	2,815	0.911	20,563	19,813	0.964
金融・保険 不 動 産 業	1,031	876	0.850	7,054	6,830	0.968
運 通 信 業	737	710	0.963	8,696	8,310	0.950
電気・ガス 水 道 業	1,729	1,636	0.946	8,567	8,289	0.968
サー ビ ス 業	2,705	2,456	0.908	17,483	16,841	0.963
公務・その他	3,107	2,935	0.945	19,886	19,027	0.957
不 明	998	899	0.901	2,563	2,416	0.943
個 人	49,894	43,808	0.878	263,753	243,544	0.923
全 業 種	85,630	76,712	0.896	496,786	468,279	0.943

特性にも業種別差異が生じることになり、その結果あるソージャー数をもつトリップチェーンの全体に占める割合には、その業種特性を反映した形でそれぞれ異ってくるものと考えられる。

そこで、分析対象の業務トリップチェーンのうち、あるソージャー数をもつトリップチェーンが占める割合をソージャー数選択率と定義することにし、各業種特性をこの選択率のばらつき方から実証的に分析した。その結果、業種別のソージャー数選択率を京都市関連および大阪府関連業務トリップチェーンについて図示したものを図4-2-1に示す。これより、ソージャー数選択率がどの業種についてもソージャー数の増加とともに逓減していることがわかる。なお、本分析で取上げた業務交通においては勤務時間内で業務活動を完結させようとするため、その行動パターンにおける時間的制約が大きいので、チェーン内ソージャー数にはおのずとその上限がある。それはトリップ回数分布を見ても顕著に現われているし、また、各ソージャーにおける用務の達成のための滞在時間とそこへの移動の



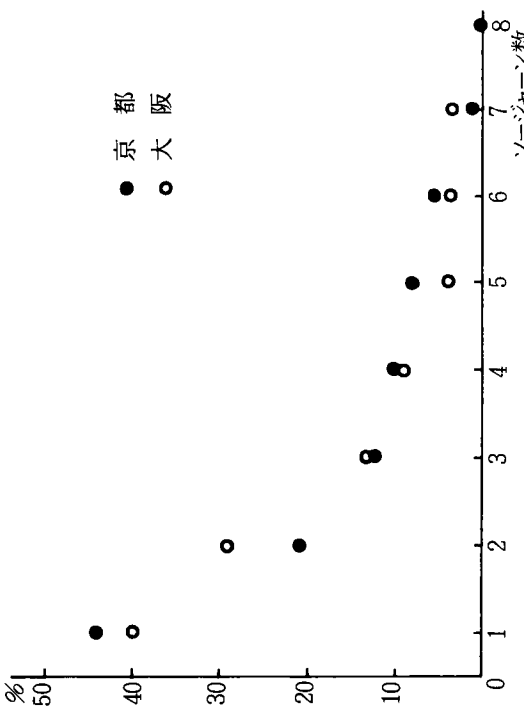


図 4-2-1 (その 5) ソージャー数選択率(電気・ガス・水道業)

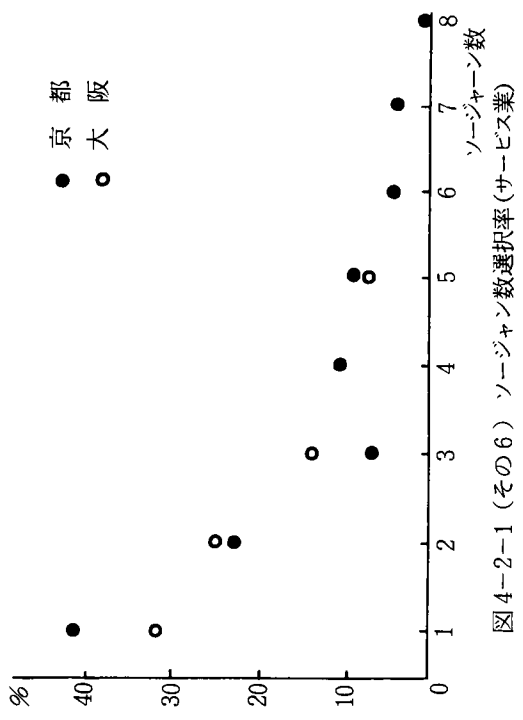


図 4-2-1 (その 6) ソージャー数選択率(サービス業)

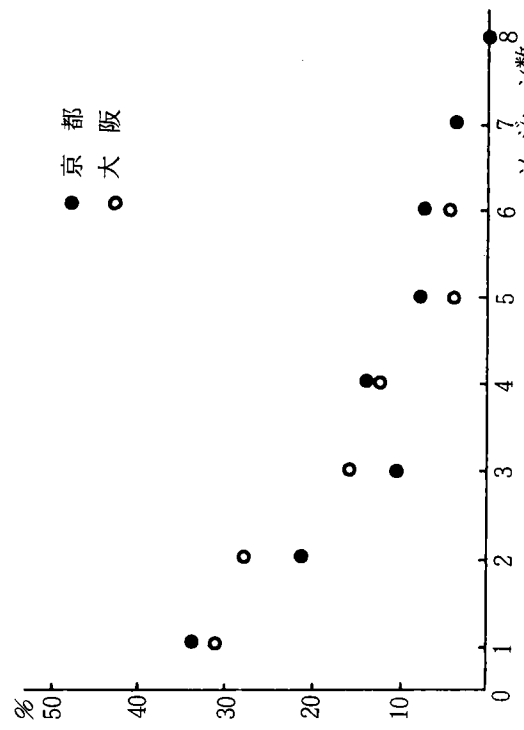


図 4-2-1 (その 7) ソージャー数選択率(公務, その他)

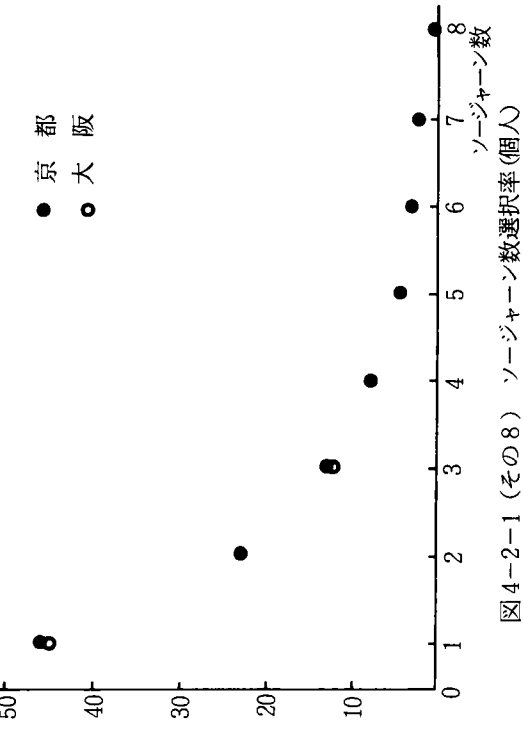


図 4-2-1 (その 8) ソージャー数選択率(個人)

ためのトリップ時間を考えるとき、ソージャー数増加とともに各ソージャーへの移動に要する時間が相対的に大きな比重を占めることから、ソージャー数のあまりに多いチェーンの生成は現実的にも稀れにしか起こり得ないのである。その意味からも、実際上はソージャー数が8回程度までに限って議論しても差し支えないものと考えられる。

各業種におけるソージャー数選択率のばらつき方について、京都と大阪との比較をしてみると、全体的には両者の差異はほとんど見られない。ただし、細かく眺めた場合に、ソージャー数1の選択率に関して京都の方が若干高い値を示し、逆にソージャー数2および3の選択率は大阪の方が高くなっている傾向にあることがわかり、両地域間の業務交通の立ち回りパターンに幾分の差異があるのかもしれない。また業種間の比較では、建設業、製造業、電気・ガス・水道業、個人業ではソージャー数の増加に伴う選択率の低下が著しく、一方、卸売業、小売業、金融・保険・不動産業、サービス業ではソージャー数選択率の逡巡の仕方は緩やかな傾向をもつ。これは、例えば建設業、製造業においてはソージャー数として工場や作業所が選ばれそこでの滞在時間や所要時間も比較的長いこと立ち回る頻度が相対的に少なくなるし、逆に小売業、サービス業などは顧客や得意先への物品搬入、商談のために1日に立ち回るべきソージャー数が比較的多くなることから容易に理解できる。したがって、別な表現をすれば、立ち回りの多寡という業務内容の差異がソージャー数選択率の逡巡の程度の差異となって現われているといえる。

そこで、このソージャー数選択率に対して、 $y = \alpha \beta^x$ (y はソージャー数選択率、 x はソージャー数、 α, β はパラメーター) の指数曲線を回帰し、この曲線をソージャー数選択率曲線とよぶことにする。表4-2-2に京都市関連業務トリップチェーンデータを用いたパラメータ推定結果を示すが、ここでは以降の諸分析およびモデル化に備えて、次に示される6業種に統合した。

業種1：建設業、運輸通信業、電気・ガス・水道業

訪問先が主に事務所・住宅で、立ち回りが比較的少ない。

業種2：製造業

訪問先が主に商業施設・工場で立ち回りが比較的多い。

業種3：卸売業

商業施設を主な訪問先とし、立ち回りが多い。

業種4：小売業、金融・保険・不動産業、サービス業

訪問先が商業施設、事務所、住宅などであり、立ち回りが多い。

業種5：公務、その他

訪問先が雑多であり、立ち回りが比較的多い。

業種6：個人

訪問先が雑多であり、立ち回りが比較的少ない。

なお、ここでの業種分類は、トリップチェーンデータが自家用車の所有形態（業態）が法人である場合に産業大分類にはほぼ等しい12分類、そして個人については自営業として一括されているので、業態が法人の場合に5分類に統合しこれと個人を併せて計6種類としている。そして、法人の5分類への統合は12業種のそれぞれの β 値およびソージャーンプランとしてどのような施設（住宅、商業施設、事務所、工場など）を選ぶかを業種別ソージャーンプラン施設構成比

（表4-2-3）

によって比較を行った。表4-2-2の推定結果を見てわかるように、曲線の通減の程度を表わす β 値は、前述の業種特性（すなわち、業務内容の差異としての立ち回り頻度）

表4-2-2 ソージャーンプラン数選択率曲線のパラメーター

業 種	α	β
建 設 業・	0. 8219	0. 5482
製 造 業	0. 5757	0. 6382
卸 売 業	0. 4945	0. 6753
小 売 業**	0. 5328	0. 6555
公 務***	0. 4704	0. 6905
個 人	0. 8447	0. 5379
全 業 種	0. 7218	0. 5780

- ・建設業には、このほかに運輸通信業、電気・ガス・水道業を含む。
- ・小売業には、このほかに金融・保険・不動産業、サービス業を含む。
- ・公務には、その他を含む。

表4-2-3 業種別のソージャーンプラン施設の構成（上位3施設の内訳）

業 種	ランク	1 位	2 位	3 位
建 設		事務所 (28. 8)	住 宅 (23. 4)	工 場 (15. 2)
製 造		商 業 (30. 0)	工 場 (29. 1)	事 務 所 (18. 3)
卸 売		商 業 (53. 9)	事務所 (13. 4)	工 場 (12. 2)
小 売		商 業 (35. 7)	住 宅 (28. 5)	工 場 (17. 9)
金融・保険・不動産		事務所 (39. 4)	商 業 (21. 4)	住 宅 (19. 9)
運 輸 ・ 通 信		事務所 (28. 6)	商 業 (21. 1)	交通運輸 (16. 0)
電 気 ・ ガス ・ 水道		住 宅 (38. 1)	商 業 (15. 7)	事 務 所 (12. 9)
サ ー ビ ス		商 業 (28. 6)	事務所 (19. 6)	住 宅 (18. 0)
公 務		事務所 (25. 0)	工 場 (18. 0)	文教厚生 (16. 4)
そ の 他		商 業 (25. 2)	工 場 (22. 8)	事 務 所 (17. 1)
個 人		商 業 (32. 4)	住 宅 (24. 3)	事 務 所 (13. 5)

注) () 内は、それぞれの業種での各施設がソージャーンプラン施設である割合(%)を示す。

を十分反映して、立ち回りの比較的少ない建設業では β 値は小さく、逆に立ち回りの多い卸売業、小売業では β 値は大きい値を示している。なお、個人については1サイクル2トリップのピストン型のトリップ連鎖パターンが多いためその β 値は小さな値が推定されているが、本来この自営業には多種の業種が含まれているのでその業種特性を明確に反映しているとは言い難いことに注意する必要がある。

本項では、チェーン内に含まれるソージャー数に着目することにより、ソージャー数の選択とこうした業務トリップチェーンの生成を促す業種特性との関係を実証的に分析してきた。その結果、ソージャー数選択率曲線として回帰されるソージャー数のばらつきは、各業種の用務内容を十分反映しており、この指数曲線の傾きは、業務交通パターンにおける立ち回りの多寡を示す性質を有することがわかった。

4-2-2 ソージャー数選択率曲線の理論式導出⁶⁾

ここでは、前述のソージャー数選択率曲線がいくつかの仮定を設ければ理論的にも $y = \alpha \beta^x$ 型の式になることを明らかにし、次いでそのために設けた諸仮定とそれに関連する業務トリップチェーンの諸性質についても併せて実証的な考察を行う。

まず、業務トリップチェーンを形成する都市内の車の運行に関して3つの仮定のもとで、ソージャー数選択率曲線の理論式を導出してみよう。

仮定①：完全トリップ連鎖パターンの形成

ベースから出た車は最終トリップでは必ずベースに戻り完全トリップ連鎖パターンを形成すること。

仮定②：ベースへの帰宅確率 \bar{P} の一定

あるトリップエンド（ソージャー）において次のトリップでベースに戻る確率 \bar{P} は、それが何サイクル目の何トリップ目であるかにかかわらず一定であること。

仮定③：サイクル再起確率 C の一定

いったんベースに戻ってきた車がさらに次の新たなサイクルを形成する確率 C は、それが何サイクル目であるかにかかわらず一定であること。

ここでまず、ソージャー数 s 、サイクル数 l からなるトリップチェーンにおけるトリップ連鎖パターンの種類の数 N_l^s について考えると、 s 個のソージャーを l 個に分ける場合の数であるから次式で表わすことができる。

$$N_l^s = \left(\begin{array}{c} s-1 \\ l-1 \end{array} \right) \dots\dots\dots (4.2.1)$$

ただし、 $\left(\begin{array}{c} n \\ r \end{array} \right) = {}_nC_r$

たとえば、図4-2-3のように2サイクル3ソージャーからなるトリップチェーンの場合、トリップ連鎖パターンの種類は ${}_2C_1=2$ で与えられる。なおここでのトリップ連鎖パターンとは、各ソージャーへの訪問順序は問題とせず1サイクル中のソージャー数の違いによって生じるパターンの種類を意味する。したがって図4-2-2の〔a〕と〔b〕では、1サイクル目 C_1 に含まれているソージャー数が異なることから区別されたパターンと解釈されている。

次にソージャー数 s ，サイクル数 l からなるトリップチェーンで考えられるトリップ連鎖パターンの生起確率 Pr_l^s は，ベースへの帰宅1回につき \bar{P} (逆に立ち回り1回につき $(1-\bar{P})$)，また新たなサイクルを再起する場合は1回につき C (逆に新たなサイクルをもうや生じない場合は $(1-C)$) の確率が考えられるので，これらを用いて次式のように表わされる。

$$Pr_l^s = \binom{s-1}{l-1} \bar{P}^l C^{l-1} (1-\bar{P})^{s-l} (1-C) \quad \dots\dots\dots (4.2.2)$$

たとえば，図4-2-2の〔a〕についてこの生起確率を考えると，1サイクル目でソージャー s_1 を訪れた後いったん帰宅し，2サイクル目ではソージャー s_2, s_3 の2か所を訪れた後帰宅し，それ以降サイクルの再起はなく計2サイクルのトリップ連鎖パターンだからその確率は $\bar{P} C (1-\bar{P}) \bar{P} (1-C)$ となる。そして，図4-2-2の〔b〕についても $(1-\bar{P}) \bar{P} C \bar{P} (1-C)$ が得られるので，結局この2サイクル3ソージャー数のトリップチェーンの全トリップ連鎖パターンの生起確率 Pr_2^3 は，式(4.2.2)に $s=3$ ， $l=2$ を代入して求められる。

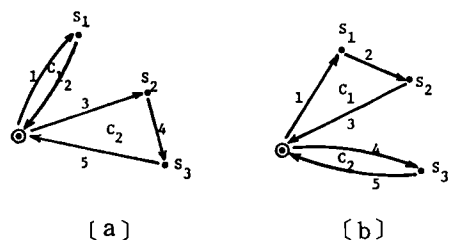
次に，ソージャー数 s のトリップチェーンは $l=1, 2, \dots, s$ の s 通りだから，ソージャー数 s のトリップチェーンの生起確率 Pr^s は，式(4.2.2)の關係を用いて次式で表わされる。

$$\begin{aligned} Pr^s &= \bar{P} (1-C) \left\{ \binom{s-1}{0} (1-\bar{P})^{s-1} + \binom{s-1}{1} (1-\bar{P})^{s-2} \bar{P} C + \dots \right. \\ &\quad \left. + \binom{s-1}{l-1} (1-\bar{P})^{s-l} \bar{P}^{l-1} C^{l-1} + \dots + \binom{s-1}{s-1} \bar{P}^{s-1} C^{s-1} \right\} \\ &= \bar{P} (1-C) \{ (1-\bar{P}) + \bar{P} C \}^{s-1} \quad \dots\dots\dots (4.2.3) \end{aligned}$$

$$\therefore Pr^s = \bar{P} C' (1-\bar{P} C')^{s-1} \quad \dots\dots\dots (4.2.4)$$

ただし， $C'=1-C$

さらに式(4.2.4)と前述の $y = \alpha \beta^x$ を比較して次式に変形すれば， α, β 値の理論値を得ることができ，ソージャー数選択率曲線の理論式が導出される。



注) 図中の番号はトリップ番号

図4-2-2 サイクル3ソージャーのトリップ連鎖パターン

$$P_T^S = \frac{\bar{P}C'}{1-\bar{P}C'} (1-\bar{P}C')^S \quad \dots\dots\dots (4.2.5)$$

$$\left. \begin{aligned} \beta &= 1-\bar{P}(1-C) \\ \alpha\beta &= \bar{P}(1-C) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4.2.6)$$

次に、これらの仮定について実証的な考察を行うことにしよう。まず、仮定①の完全トリップ連鎖パターンの形成に関して、表4-2-4に京都市および大阪府関連のカートリップチェーンと昭和45年度京阪神P.T.調査における完結率を示す。これよりパーソントリップチェーンは95.7%と非常に高く、カートリップチェーンではやや完結率が低いものの、約90%が完全トリップ連鎖パターンを形成していることがわかる。カートリップチェーンの場合には、ベースに戻ったかという基準で完結性を判断することができないため、第1トリップの発ゾーンと発施設と最終トリップの着ゾーンと着施設に一致するかどうかによって完結性を判断してきた。また、例えば、その人についての1日完結性が満たされていても車の駐車形態だけの差異で不完全とみなされることがあるため、カートリップチェーンの完結率が低くなる場合が生じるわけである。したがって人の動きについて1日完結性は、本来は車の動きについても同様にほぼ満たされているといえよう。

仮定②のベースへの帰宅確率 \bar{P} の一定に関して、完全トリップ連鎖パターンを対象とする場合に1サイクル中での運行についてはベースへの帰宅確率 \hat{P} を次式によって定義することができる。

$$\hat{P} = \frac{\text{ベースに戻ってきた車の台数の総和}}{\text{過渡的状态を移動する車の台数の総和}} \quad \dots\dots\dots (4.2.7)$$

式(4.2.7)は、1サイクル中では何トリップ目であろうともベースへの帰宅確率を一定としたときの計算値を求めようとするものであり、例えば、図4-2-3に示すような1000台の車の運行については、 \hat{P} は次式で与えられる。

$$\hat{P} = \frac{1000}{1000+211+56+16+2} = \frac{1000}{1285} = 0.778 \quad \dots\dots\dots (4.2.8)$$

表4-2-4 完 結 率

	完全トリップ チェーン数	全トリップ チェーン数	完結率 (%)
京都市関連トリップチェーン	197,643	222,955	88.7
大阪府関連トリップチェーン	979,374	1,068,098	91.7
京阪神パーソントリップ調査	10,870,346	11,359,748	95.7

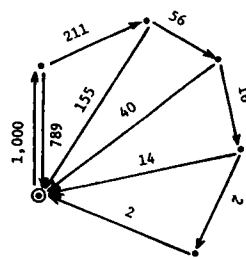


図4-2-3 1000台の車の運行パターンの例

この \hat{P} の定義法は、1 サイクル内の車の運行を吸収マルコフ連鎖の状態遷移確率を用いて説明できる⁷⁾。
すなわち、吸収マルコフ連鎖では、状態空間を吸収状態と過渡的状态とに分けて遷移確率 Q を次のように表現する。

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{c} \text{吸収源} \quad \text{過渡的状态} \\ \text{吸 収 源} \quad \begin{pmatrix} I & O \\ R & Y \end{pmatrix} \\ \text{過渡的状态} \end{array} \end{array} = Q \quad \dots\dots\dots (4.2.9)$$

ここで吸収源の数を S 、過渡的状态の数を M とすると、 I は $S \times S$ 単位行列、 O は $S \times M$ の零行列、 R は $M \times S$ 行列、 Y は $M \times M$ 正方行列であり、 $S = 1$ ならば O は行ベクトル、 R は列ベクトルである。
今、吸収源が1つであり、しかも過渡的状态も1つであり、過渡的状态から吸収源への遷移、すなわち帰宅する確率が P となり、そして、過渡的状态をつづける確率 q は、 $q = 1 - P$ となっている場合を考えよう。このときの Q を書き表わすと、次のようになる。

$$Q = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ p & q \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (4.2.10)$$

次にそこで、 n トリップ目の遷移状態を考えるために Q を n 乗すれば、

$$Q^n = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ p(1+q+q^2+\dots+q^{n-1}) & q^n \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (4.2.11)$$


となる。ここで $(1+q+q^2+\dots+q^{n-1})$ は、 n トリップ目までに過渡的状态を移動する車の台数の期待値を表わし、また、 $p(1+q+q^2+\dots+q^{n-1})$ は、 n トリップ目までにベースに戻ってきた車の台数の期待値を示している。これは、1台の車の確率的な動きについての関係であり、無限回の遷移を行えば必ず吸収源へ戻るため $p(1+q+q^2+\dots+q^{n-1}+\dots)$ は当然のことながら1になる。したがって、対象としている何台かの車についてそれらが有限回の遷移を行うときのその中で帰宅確率を得ようとするれば、式(4.2.7)にて示したように過渡的状态を移動する車の台数に帰宅確率を乗じたものが、ベースに戻ってきた車の台数であるとなるという関係から帰宅確率を求めればよいことになる。なお、完全トリップ連鎖パターンのみを対象とするときには、ベースに戻ってきた台数とは最初にベースを出た台数に一致する。

なお、この \hat{P} は各サイクルごとに求められるが、仮定②ではどのサイクルにおいても一定としているため、ここではまず各サイクル番目ごとの帰宅確率を求めてみることにする。そのために、京都市および大阪府関連の業務トリップチェーンのトリップ連鎖パターンによる類型化を、チェーン内の立ち回り
と帰宅トリップの構成に注目しながら表4-2-5に示すパターン対応コードの形式で行った。これによってチェーン内のサイクル数ごとに、さらに何サイクル番目あるいはそれぞれのサイクル内のトリップ数別にみたときにそれぞれのカテゴリーに含まれるトリップチェーン数を集計することができる。今、

表4-2-5 業務トリップチェーンの類型化

パターン番号	トリップ連鎖パターン	トリップ数	サイクル数	京 都	大 阪
1	0 1	2	1	36229	198329
2	0 0 1	3	1	14825	90926
3	0 0 0 1	4	1	7191	47049
4	0 1 0 1	4	2	4720	30477
5	0 0 0 0 1	5	1	4304	29847
6	0 1 0 0 1	5	2	1181	10872
7	0 0 1 0 1	5	2	1149	5935
8	0 0 0 0 0 1	6	1	2451	16809
9	0 1 0 0 0 1	6	2	608	4521
10	0 0 1 0 0 1	6	2	562	3349
11	0 0 0 1 0 1	6	2	566	2558
12	0 1 0 1 0 1	6	3	1201	5116
13	0 0 0 0 0 0 1	7	1	1649	10614
14	0 1 0 0 0 0 1	7	2	248	2241
15	0 0 1 0 0 0 1	7	2	339	1282
16	0 0 0 1 0 0 1	7	2	352	1419
17	0 0 0 0 1 0 1	7	2	157	1098
18	0 1 0 1 0 0 1	7	3	175	1633
19	0 1 0 0 1 0 1	7	3	207	592
20	0 0 1 0 1 0 1	7	3	352	657
21	0 0 0 0 0 0 0 1	8	1	2193	12171
22	0 1 0 0 0 0 0 1	8	2	233	1782
23	0 0 1 0 0 0 0 1	8	2	277	1239
24	0 0 0 1 0 0 0 1	8	2	408	1400
25	0 0 0 0 1 0 0 1	8	2	351	1232
26	0 0 0 0 0 1 0 1	8	2	211	714
27	0 1 0 1 0 0 0 1	8	3	192	715
28	0 1 0 0 1 0 0 1	8	3	156	783
29	0 1 0 0 0 1 0 1	8	3	168	370
30	0 0 1 0 1 0 0 1	8	3	208	617
31	0 0 1 0 0 1 0 1	8	3	144	372
32	0 0 0 1 0 1 0 1	8	3	240	483
33	0 1 0 1 0 1 0 1	8	4	880	3274
34	0 0 0 0 0 0 0 0 1	9	1	647	2636
35	0 1 0 0 0 0 0 0 1	9	2	36	132
36	0 0 1 0 0 0 0 0 1	9	2	24	142
37	0 0 0 1 0 0 0 0 1	9	2	47	78
38	0 0 0 0 1 0 0 0 1	9	2	62	121
39	0 0 0 0 0 1 0 0 1	9	2	73	205
40	0 0 0 0 0 0 1 0 1	9	2	0	70
41	0 1 0 1 0 0 0 0 1	9	3	13	28
42	0 1 0 0 1 0 0 0 1	9	3	58	0
43	0 1 0 0 0 1 0 0 1	9	3	35	99
44	0 1 0 0 0 0 1 0 1	9	3	0	0
45	0 0 1 0 1 0 0 0 1	9	3	37	33
46	0 0 1 0 0 1 0 0 1	9	3	12	0
47	0 0 1 0 0 0 1 0 1	9	3	23	0
48	0 0 0 1 0 1 0 0 1	9	3	0	101
49	0 0 0 1 0 0 1 0 1	9	3	0	41
50	0 0 0 0 1 0 1 0 1	9	3	0	32
51	0 1 0 1 0 1 0 0 1	9	4	64	90
52	0 1 0 1 0 0 1 0 1	9	4	39	0
53	0 1 0 0 1 0 1 0 1	9	4	0	0
54	0 0 1 0 1 0 1 0 1	9	4	13	64

注) 「0」は立ち回りトリップを示し, 「1」は帰宅トリップを示す。

例) 「01001」は  のパターンを表わす。

帰宅確率を各サイクル番目ごとに得たいときには、チェーン内サイクル数別に各サイクル番目のサイクルに含まれるトリップ数別に集計したもの(表4-2-6参照)を、さらにサイクル番目別、サイクル内トリップ数別に統合すればよい。したがって表4-2-6におけるチェーン内サイクル数ごとの1サイクル番目、2サイクル番目、3サイクル番目、4サイクル番目をそれぞれ加算すれば、表4-2-7に示すサイクル統合データが得られることになる。サイクル統合データが得られると、例えば、京都市関連データで1サイクル番目の帰宅確率は、ベイスを出発する総台数85,330台のうち、2トリップ目で帰宅するのが46,443、3トリップ目で帰宅するのが17,985、以下表4-2-7の第1列目を追っていくことによって、過渡的状态を移動する車の台数を求めることができるので、図4-2-4に示す運行パターン図に

表4-2-6 (その1) サイクルごとのトリップ数に注目したトリップチェーン数(京都)

トリップ数 サイクル数	1	2		3			4			
	1 サイクル目	1 サイクル目	2 サイクル目	1 サイクル目	2 サイクル目	3 サイクル目	1 サイクル目	2 サイクル目	3 サイクル目	4 サイクル目
2	36,229	7,026	6,803	2,205	2,418	2,335	983	996	957	932
3	14,845	2,351	2,519	776	577	586	13	0	39	64
4	7,191	1,373	1,417	240	226	287				
5	4,304	570	572	0	0	13				
6	2,451	284	257							
7	1,649	0	36							
8	2,193									
9	647									
合 計	69,509	11,604	11,604	3,221	3,221	3,221	996	996	996	996

総チェーン数：85,330

表4-2-6 (その2) サイクルごとのトリップ数に注目したトリップチェーン数(大阪)

トリップ数 サイクル数	1	2		3			4			
	1 サイクル目	1 サイクル目	2 サイクル目	1 サイクル目	2 サイクル目	3 サイクル目	1 サイクル目	2 サイクル目	3 サイクル目	4 サイクル目
2	198,329	50,025	40,852	9,336	9,415	7,663	3,364	3,428	3,428	3,338
3	90,926	11,947	17,077	1,679	1,788	3,233	64	0	0	90
4	47,049	5,455	7,324	625	469	748				
5	29,847	2,451	3,558	32	0	28				
6	16,809	919	1,924							
7	10,614	70	132							
8	12,171									
9	2,636									
合 計	408,381	70,867	70,867	11,672	11,672	3,428	3,428	3,428	3,428	3,428

総チェーン数：494,348

もとづいて算出するわけである。すなわち、図4-2-4の京都市関連データの1サイクル番目において次のような結果となる。

$$\hat{P}_1 = \frac{85,330}{85,330 + 38,887 + 20,902 + 12,098 + 7,224 + 4,489 + 2,840 + 647} = 0.4949 \dots\dots\dots (4.2.12)$$

以上の手順によって、京都市および大阪府関連トリップチェーンデータに関する各サイクル目の帰宅確率 \hat{P} を求めたものを表4-2-8に示す。これを見ると、各サイクル目における京都市と大阪府との差異はほとんどみられないが、サイクル番目が多くなるにつれてその帰宅確率が大きくなることかわかる。これは、チェーン内サイクル数が多くなるにつれて車の運行に関する1日のtime-budgetによって1サイクル中に含まれるトリップ数の多いパターンが減少するために帰宅確率が大きな値をとることによる。そこで、次に、サイクル番目を問わないことにし、すべてのトリップチェーンが1サイクルのみで構成されているとみなし、表4-2-7のサイクル統合データをその行和の形で集計することにより、平均的な1サイクル中の帰宅確率 \bar{P} を求めて

表4-2-7 サイクル統合データ（京都市、大阪府）

京 都 市				
Cycle Trip	1st	2nd	3rd	4th
2	46,443	10,217	3,292	932
3	17,985	3,096	625	64
4	8,804	1,643	287	
5	4,874	572	13	
6	2,735	257		
7	1,649	36		
8	2,193			
9	647			
合 計	85,330	15,821	4,217	996
大 阪 府				
Cycle Trip	1st	2nd	3rd	4th
2	261,054	53,695	11,091	3,238
3	104,616	18,865	3,233	90
4	53,129	7,793	748	
5	32,330	3,558	28	
6	17,728	1,924		
7	10,684	132		
8	12,171			
9	2,636			
合 計	494,348	85,967	15,100	3,428

みた。これは、1日の運行軌跡を忠実に再現することからすればサイクル間の関係を捨象したことになり、また、ベイスへの帰宅確率を平均的にしかとらえていないので、仮定②は厳密な意味では成り立っていない。しかし、ここではソージョーン数選択率曲線と業種特性との関係を考えるために、この \bar{P} をすべてのサイクルの平均帰宅確率として考えていくことにする。こ

表4-2-8 各サイクル目の平均帰宅確率 \bar{P}

Cycle	京都市	大阪府
1st	0.4949	0.4856
2nd	0.6296	0.6165
3rd	0.7731	0.7583
4th	0.9396	0.9744

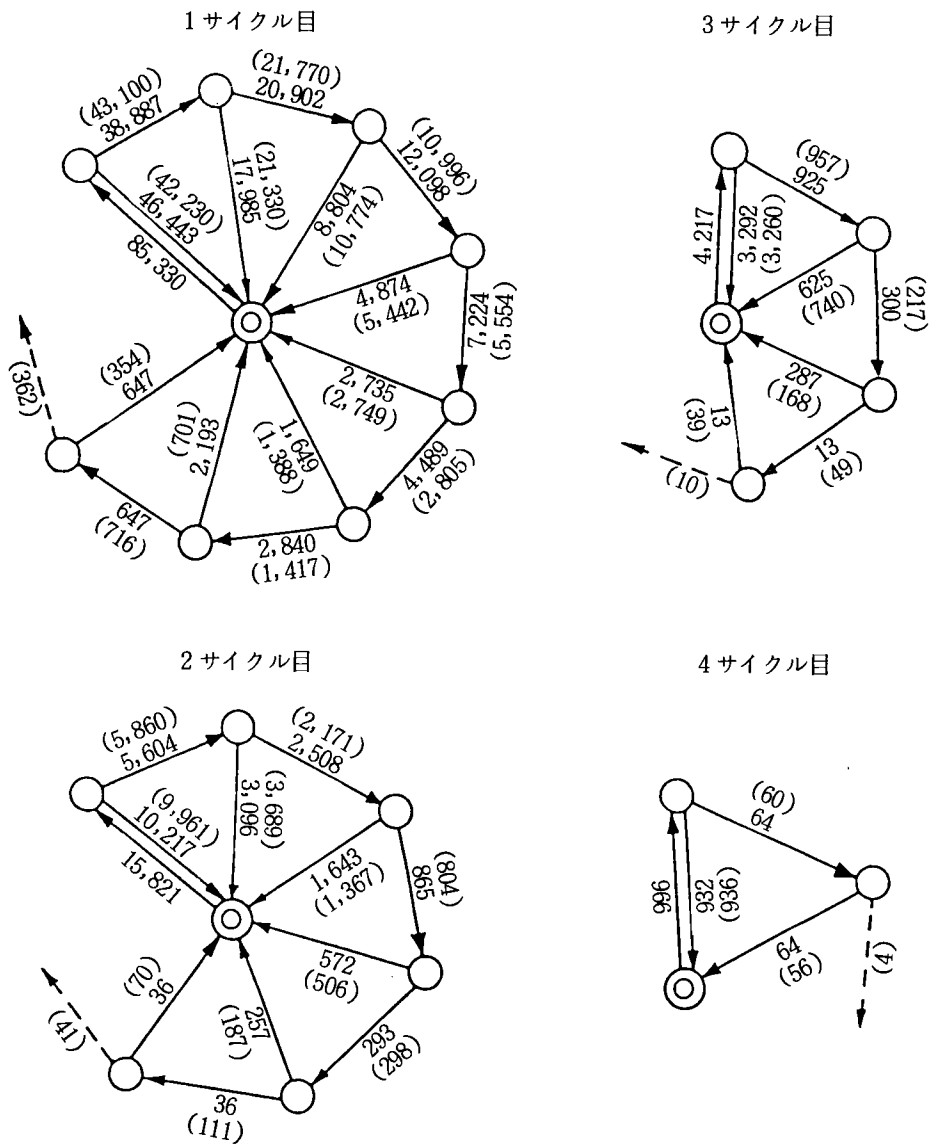


図4-2-4 (その1) 各サイクル目ごとの運行パターン (京都)(()内は推定値)

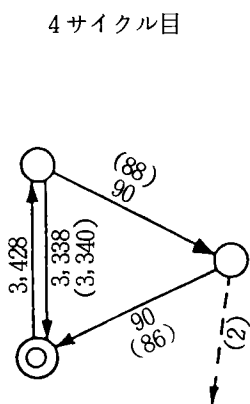
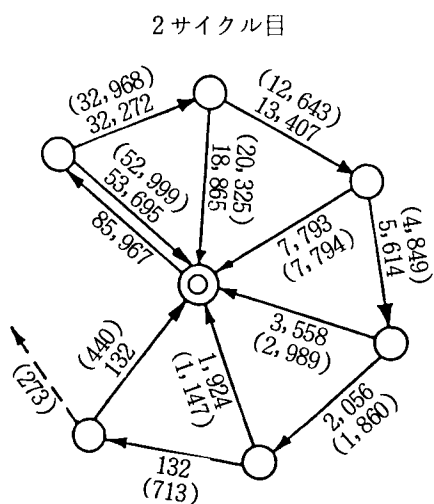
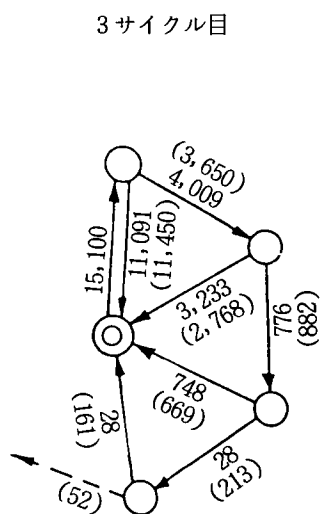
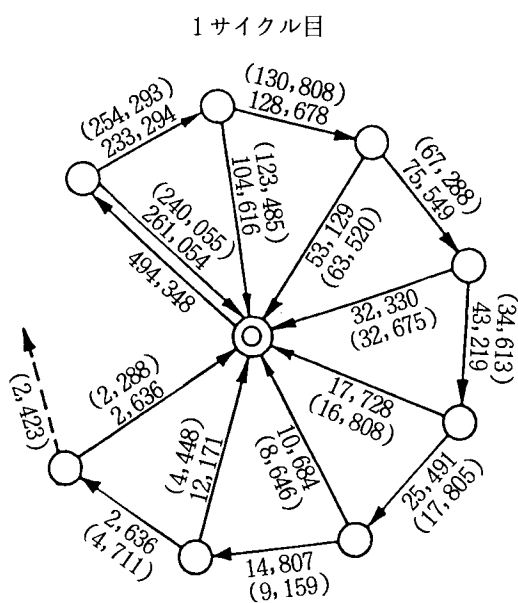


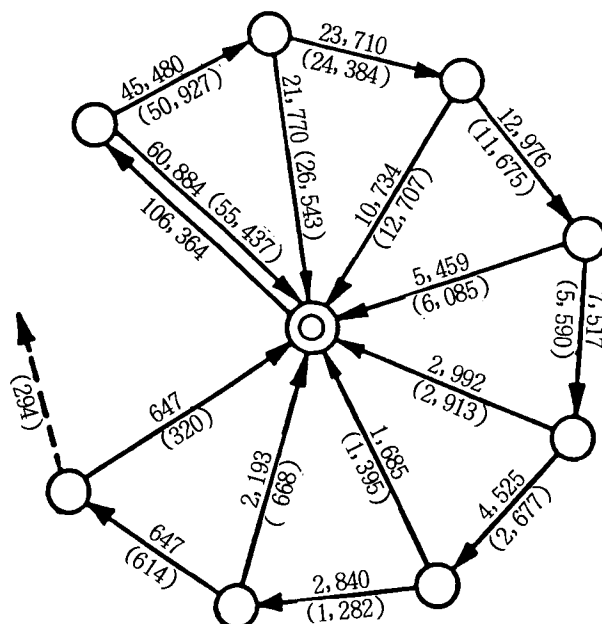
図 4-2-4 (その 2) 各サイクル目ごとの運行パターン (大阪)(()内は推定値)

表4-2-9 業種別平均帰宅確率 \bar{P}

業種	京都市	大阪府
建設業	0.5485	0.5377
製造業	0.5002	0.4996
卸売業	0.4403	0.4287
小売業	0.4843	0.4638
公務	0.5022	0.5055
個人	0.5493	0.5350
全業種	0.5212	0.5071

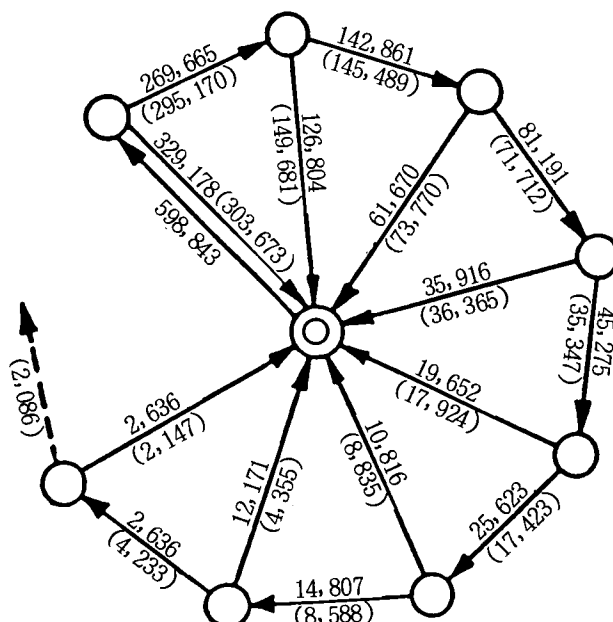
のとき、図4-2-5に示す全サイクルを統合した場合の行動パターンにもとづき \bar{P} の推計値が得られるのである。なおその実績値と \bar{P} が一定のもとでの計算値との比較では、平均化のため、そして全業種を一括しているためそれ程適合度の良い結果となっていないことがわかる。そこで、業種別にこの \bar{P} 値を求めたところ、表4-2-9の値が得られた。これより、前述の β 値と同様に \bar{P} 値によっても業種特性（立ち回りの多寡）の差異を読みとることができる。そして京都市と大阪府との比較をすれば、どの業種においても京都市の方が大阪府に比べ \bar{P} 値がやや大きく、したがって京都市は大阪府ほど全体的に立ち回りの頻度が多くないといえる。

次に仮定③のサイクル再起確率について検討していくことにする。いま、T台の車が仮定③に従って



$$\bar{P} = \frac{106364}{204059} = 0.5212$$

図4-2-5（その1）全サイクルを統合した場合の運行パターン（京都）（（ ）内は推定値）



$$\bar{P} = \frac{598843}{1180901} = 0.5071$$

図4-2-5（その2）全サイクルを統合した場合の運行パターン（大阪）（（ ）内は推定値）

運行するとき、1サイクルしたT台の車のうちT・C台は2サイクル目を生起し、さらにこのT・C台のうちT・C²台が3サイクル目を生起することになる。したがって、 n サイクルしてそれ以上のサイクルを生起しない車、すなわち、 n サイクルからなるトリップチェーンの数 T_n は、次式にて与えられる。

$$T_n = T \cdot C^{n-1} (1-C) \cdots (4.2.13)$$

そこで、実際のデータより各サイクル数別にトリップチェーン数がわかっているの、その実績値とサイクル再起確率 C を一定としたときの計算値との残差平方和が最小となるような C の最良推定値を求めた。その結果を表4-2-10に示すと、仮定③の設定に関しては実用上それほど問題とならないといえる。なお、この推定方法によれば比較的量的に多い1サイクル型および2サイクル型のトリップチェーンのもつサイクル再起性に依存した推計

値が得られるため、多サイクル型において過大評価となる傾向にあるが、今回の分析対象データにおいては4サイクル型のトリップ連鎖パターン以上がごくわずかであることから、この仮定の妥当性は一応保たれているものと判断できる。

次に、このサイクル再起確率を業種別に求めた場合を表4-2-11に示すと、立ち回り

表4-2-10 サイクル再起確率の推定

	サイクル再起確率	サイクル数	トリップチェーン数	
			実績値	計算値
京都市	0.1810	1	69 509	69 885
		2	11 604	12 649
		3	3 211	2 290
		4	996	414
大阪府	0.1737	1	408 381	408 504
		2	70 867	70 937
		3	11 672	12 318
		4	3 428	2 139

表4-2-11 業種別サイクル再起確率

業 種	京都市	大阪府
建 設 業	0.1421	0.1611
製 造 業	0.2058	0.2077
卸 売 業	0.1960	0.2089
小 売 業	0.2308	0.2118
公 務	0.2248	0.2405
個 人	0.1688	0.1484

表4-2-12 $\alpha\beta$ 値と $\bar{P}(1-C)$ 値、 β 値と $1-P(1-C)$ 値の比較

	業種	$\alpha\beta$	$P(1-C)$	β	$1-P(1-C)$
京都市	建設業	0.4506	0.4706	0.5482	0.5294
	製造業	0.3674	0.3973	0.6382	0.6027
	卸売業	0.3339	0.3540	0.6753	0.6460
	小売業	0.3493	0.3725	0.6555	0.6275
	公務	0.3248	0.3893	0.6905	0.6107
	個人	0.4544	0.4566	0.5780	0.5434
大阪府	建設業	0.4443	0.4511	0.5566	0.5489
	製造業	0.3600	0.3958	0.6606	0.6042
	卸売業	0.2939	0.3391	0.7366	0.6609
	小売業	0.3221	0.3656	0.7036	0.6344
	公務	0.3397	0.3839	0.6857	0.6161
	個人	0.4543	0.4556	0.5395	0.5444

頻度の少ない業種である建設業、運輸・通信・電気業は C 値が小さく、逆に立ち回り頻度の多い業種と

しての小売業、卸売業、サービス業において C 値が大きくなっており、ここにも業種特性が反映されていることがわかる。

最後にこのようにして求められた業種別の \bar{P} 値および C 値を用いて、ソージャー数選択率曲線の理論式導出のときに明らかとなった関係式（式(4.2.6)）から求めた場合と、回帰分析の推定値 α, β 値とを比較してみると、表4-2-12に示すとおりである。これより、本研究における諸仮定が成立するとして導出される諸量と回帰曲線のパラメーターとの適合度は高く、またそれぞれの業種特性を十分反映していることがわかる。

4-2-3 モデルの定式化とその適用例

ここでは、業務交通が前述の諸分析で明らかとなったソージャー数選択率曲線を満足する形で行われているとみなし、さらにその訪問先の位置を知ることによって業務交通の発生集中量に変換できることを示すことにする。したがって本モデルの特徴は、業務活動の拠点としてのベースと取引先顧客が存在するソージャーとの関係をとらえ、さらに1日の車の運行パターンがどのようにソージャーを選択するかによって規定されるものであるかを表現することにある。

(1) モデルの定式化

本モデルによる推計フローは図4-2-6に示すとおりであるが、以下各ステップの概要を述べてゆく。

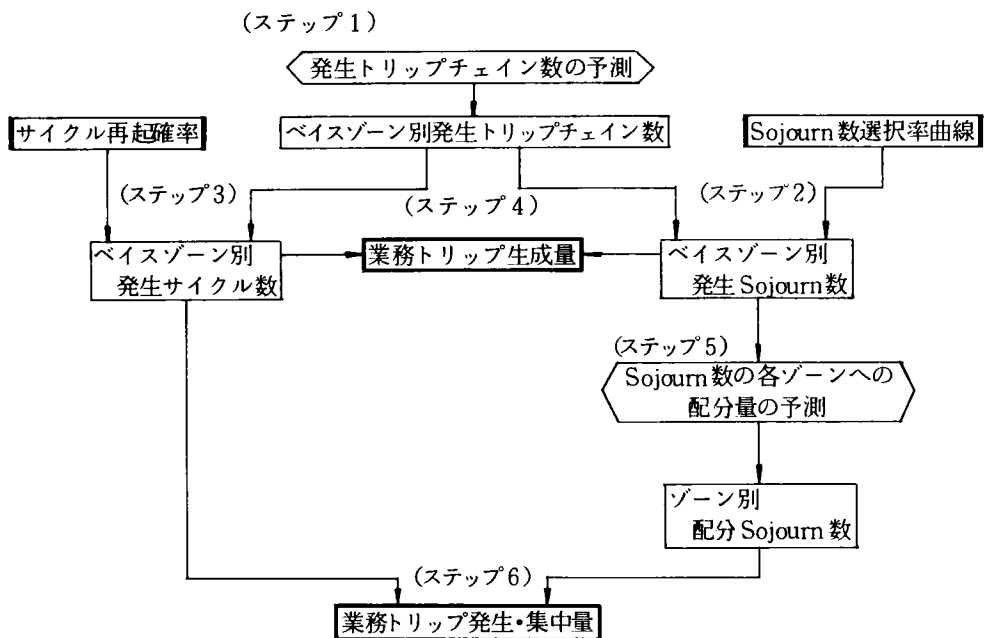


図4-2-6 業務トリップ生成量および発生集中量の推計フロー

《ステップ1》

各ベイスゾーンに発生するトリップチェーン数 T_i ($i=1, 2, \dots, n$)を予測する。この業務トリップチェーンの生成には一般的にベイスゾーンにおける車利用による外出率, 保有台数などの土地利用特性や社会経済指標が規定要因として考えられる。そこで本研究では, その最も簡単な形として各ゾーンの登録台数 X_i を説明変数とする線形回帰式を用いた。すなわち,

$$T_i = b + aX_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (4. 2. 14)$$

ここに, T_i : ベイスゾーン i の発生トリップチェーン数

X_i : ベイスゾーン i の登録台数

a, b : パラメーター

《ステップ2》

次に, 前章のソージャー数選択率曲線を用いてステップ1で得たベイスゾーン別の発生トリップチェーンによって, どれだけのソージャー数が全体として生じるかを求める。これを式で書けば次式で与えられる。

$$TNS_i = T_i \sum_{s=1}^{\infty} s \cdot \alpha \beta^s \quad \dots\dots\dots (4. 2. 15)$$

ここに, $\alpha \beta^s$: ソージャー数選択率

(s : ソージャー数)

TNS_i : ベイスゾーン i からの発生トリップチェーンにより生じる総ソージャー数

《ステップ3》

ベイスゾーン i で発生したトリップチェーンはサイクル再起確率 C によって何サイクルかのトリップ連鎖パターンを形成するので, ベイスゾーン別発生サイクル数 TNC_i を求める。すなわち, 式(4.2.13)より n サイクルからなるトリップチェーンの数が運行台数 T とサイクル再起確率 C によって得られるので, TNC_i は次式で求められる。

$$TNC_i = \sum_n n T_i C^{n-1} (1-C) \quad \dots\dots\dots (4. 2. 16)$$

ここに, TNC_i : ベイスゾーン i の発生サイクル数

《ステップ4》

いま, ソージャー数 s , サイクル数 l の完全トリップ連鎖パターンを形成するトリップチェーンに関して, その中に含まれるトリップ数 N は次式で求められる。

$$N = s + l \quad \dots\dots\dots (4.2.17)$$

これは、いったんベースを出発し、ソージャーンを s 箇所訪問するために s トリップ、そしてサイクルを l 回形成するのにもベースへの帰宅のための l トリップを必要とすることからも明らかである。

したがって、各ゾーンに TNS_i 個のソージャーン数と TNC_i 個のサイクル数が存在するとき、この圏域全体のトリップ生成量 TP は次式で与えられる。

$$TP = \sum_i TNS_i + \sum_i TNC_i \quad \dots\dots\dots (4.2.18)$$

《ステップ5》

ここでは、ベースゾーン i より発生する総ソージャーン数 TNS_i がどのように各ゾーンへ配分されるかをアクセシビリティの概念を用いて予測する。

具体的には、ベースゾーン i とソージャーンのある j ゾーンとの“相対的な行き易さ”を示す相対的アクセシビリティを定義し、その大きさに比例させて TNS_i を j ゾーンに配分させることにする。すなわち、相対的アクセシビリティを式(4.2.19)で定義しさらに式(4.2.20)より j ゾーンへのソージャーン数の配分量 SS_j を得る。

$${}_iA_j = E_j^\alpha / t_{ij}^r \quad \dots\dots\dots (4.2.19)$$

$$SS_j = \sum_i TNS_i \cdot {}_iA_j / A_i \quad \dots\dots\dots (4.2.20)$$

ここに、 ${}_iA_j$: i ゾーンからの j ゾーンへの相対アクセシビリティ

A_i : i ゾーンからの全アクセシビリティ, $A_i = \sum_j {}_iA_j$

E_j : j ゾーンのエコノミクス指標

t_{ij} : i - j ゾーン間距離

TNS_i : ベースゾーン i で発生するトリップチェーンによって生じる総ソージャーン数

SS_j : j ゾーンに配分されたソージャーン数

α, r : パラメーター

《ステップ6》

前ステップまでに得られた各ゾーンのサイクル数 TNC_j とソージャーン数 SS_j を用いて発生集中量は次式によって求めることができる。

$$\left. \begin{aligned} U_i &= TNC_i + SS_i \\ V_j &= TNC_j + SS_j \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4.2.21)$$

ここに、 U_i : i ゾーン発生量

V_j : j ゾーン集中量

これは、完全トリップ連鎖パターンを仮定するときソージャー1か所につき発生集中がおのおの1回、またサイクル1回についても同様に発生集中がおのおの1回必要とするからである。

(2) 適用例

次に前述の推計フローに従って、本モデルを京都市関連業務トリップチェーンに適用してみることにする。具体的な対象圏域としての京都市を区単位9ゾーンに分割し、それ以外の周辺地域を16ゾーンとして併せて25ゾーンに分割にしている。(図4-2-7 ゾーニング図, 表4-2-12 ゾーン対応表 参照)

以下、業務交通の発生集中量の推計フローの各ステップについて順次検討していく。まずステップ1では、域内ゾーンに対しては、各ゾーンの登録台数による線形回帰によって、また域外ゾーンでは登録台数1台当たりの発生トリップチェーン原単位を用いて、各ゾーンにおける発生トリップチェーン数を推計した。なお、域外ゾーンは、京都市関連のトリップチェーンの生成において、当該ゾーンにベースを有ししかも京都市にその目的地をも有する運行パターンのものがこれに対応するため、単にそのゾーンの登録台数などの発生ゾーン特性だけでは説明することは難しく、原単位による推計方法を採用している。また、表4-2-14は、域内ゾーンに対しての線形回帰式の推定されたパラメーター値であるが、完全トリップ連鎖パターンのトリップチェーン（以下完全トリップチェーン）および不完全トリップ連鎖パターンのトリップチェーンを含めた場合（以下全トリップチェーン）の両者について、それぞれ推計している。線形回帰式の構造自体に関しては、その傾きを表わす a の値は、それぞれの業種における業務目的のための車利用の頻度を反映していると解釈できるが、対象となる当該業種の業務トリップチェーンの絶対量とその登録台数との相関関係だけによって、業務トリップチェーンの生成を説明できない面もあり、本モデルの今後の課題として残されている。

次にステップ2およびステップ3で必要なソージャー数選択率曲線、サイクル再起確率は、すでに前項までで議論されているので表4-2-1、表4-2-10の値を用いている。そしてステップ4に入って、これらの値を式(4.2.18)関係式に代入することによって業務トリップの生成量が得られるので、その結果を表4-2-15に示す。これより、実績値とモデル値とを比較してみると、完全トリップチェーンに対しては発生トリップチェーン数の推計値およびサイクル再起確率の適合度が高いために、非常に良好な結果を得ていることがわかる。一方、全トリップチェーンの場合では、不完全トリップ連鎖パターンの比較的多い自営業などの個人業種における適合度が良くないことと全体的にやや過小評価となっている。

次にステップ5に関してであるが、まず各業種の顧客や取引先の種類に対応させることにし、前述の業種統合の際に用いた各業種のソージャー施設を統合された業種に対してあらためて行うこと(表4-2-16 参照)にし、それらにもとづいて以下に示す3式の中で最も適当な構造式を回帰することにする。

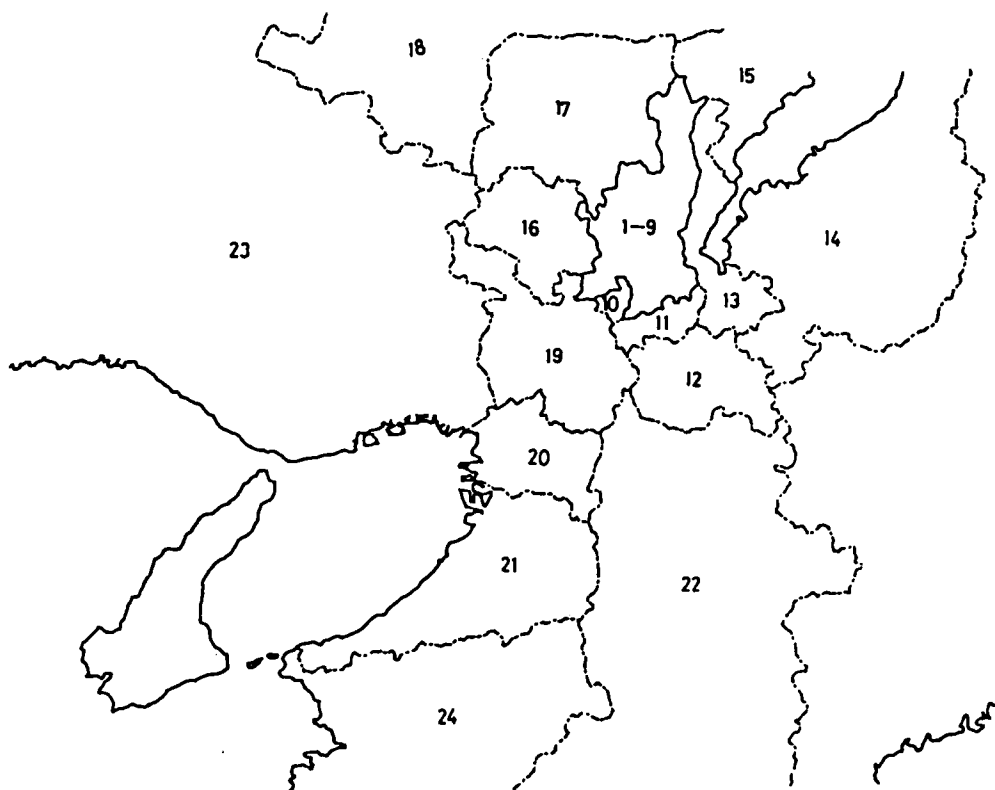


図4-2-7 ゾーニング図

表4-2-13 ゾーン対応表

域 内 ゾ ー ン		域 外 ゾ ー ン			
ゾーン 番 号	地 区 名	ゾーン 番 号	地 区 名	ゾーン 番 号	地区名
1	北区(1区, 2区)	10	向日市, 長岡京市, 乙訓郡	19	大阪府北部
2	上京区	11	久世郡, 宇治市, 八幡市	20	大阪府中部
3	左京区(1区, 2区)	12	京都府南部	21	大阪府南部
4	中京区(1区, 2区)	13	大津市	22	奈 良 県
5	下京区	14	滋賀県東部	23	兵 庫 県
6	東山区(1区, 2区), 伏見区1区	15	滋賀県北部	24	和 歌 山 県
7	伏見区2区, 伏見区3区	16	亀岡市, 八木町, 園部町	25	福 井 県
8	南 区	17	京北町, 美山町, 日吉町, 丹波町		
9	右京区(1区, 2区, 3区)	18	京都府北部		

これは、単に回帰における適合度だけでなく、実際のデータとして既知である、ソージャー施設に関する業種特性を反映させた形で、相対的アクセシビリティの推計式を求めようというものである。

例えば、卸売業であれば表4-2-16を見てもわかるように、ソージャー施設として商業施設が約半数の53.9%も占めることから、説明変数としては従業者密度だけを含む第3番目の構造式(式(4.2.24)参照)を採用している。なお、その他の業種については、ソージャー施設の構成ならびに回帰式の適合度の両者から推計式を選んでいる。

表4-2-14 発生トリップチェーン数の線形回帰式のパラメーター(京都市)

業種	完全トリップチェーン			全トリップチェーン		
	b	a	相関係数	b	a	相関係数
建設業	95.2	0.329	0.740	90.9	0.518	0.682
製造業	5.4	0.375	0.945	-36.1	0.572	0.966
卸売業	207.0	0.250	0.965	233.0	0.484	0.981
小売業	126.0	0.267	0.914	193.0	0.410	0.934
公務	38.7	0.305	0.907	98.0	0.412	0.882
個人	859.0	0.144	0.966	1,730.0	0.164	0.963

表4-2-15 トリップ生成量の推計(京都市)(単位:トリップ)

業 種	完全トリップチェーン		全トリップチェーン	
	実 績 値	計 算 値	実 績 値	計 算 値
建設業	19,943	19,721	32,079	29,141
製造業	38,114	37,670	59,028	53,695
卸売業	34,350	33,327	61,773	54,449
小売業	27,712	26,667	44,850	40,629
公務	13,092	12,673	20,489	18,854
個人	170,375	164,997	245,309	218,055
全業種	303,586	295,053	463,528	414,822

表4-2-16 業種別ソージャー施設(上位3位)

	1 位	2 位	3 位
建設・運輸・通信 電気・ガス・水道	住 宅 (26.8)	事務所施設 (23.9)	商業施設 (15.9)
製 造	商業施設 (30.0)	工 場 (29.1)	事務所施設 (18.3)
卸 売	商業施設 (53.9)	事務所施設 (13.4)	工 場 (12.2)
小売・金融・保険 不動産、サービス	商業施設 (30.7)	住 宅 (23.2)	事務所施設 (17.7)
公務・その他	工 場 (21.6)	商業施設 (19.8)	事務所施設 (19.1)
個 人	商業施設 (32.4)	住 宅 (24.3)	事務所施設 (13.5)

注) 図中()内は%を示す。

$$(I) \quad {}_iA_j = E_j^{\alpha} H_j^{\beta} / t_{ij}^{\gamma} \quad \dots\dots\dots (4.2.22)$$

$$(II) \quad {}_iA_j = H_j^{\beta} / t_{ij}^{\gamma} \quad \dots\dots\dots (4.2.23)$$

$$(Ⅲ) \quad {}_iA_j = E_j^\alpha / t_{ij}^r \quad \dots\dots\dots (4. 2. 24)$$

ここに、 E_j : j ゾーンの従業者密度
 H_j : j ゾーンの夜間人口密度
 t_{ij} : $i-j$ ゾーン間距離 (分)

そして、各業種における相対的アクセシビリティ式の推計結果を表4-2-17に示すが、全体的にはまずまず良好な適合度を示しており、また距離パラメータ値も従来の重力モデル型のものとそれほど大きく異なるものでなく妥当な値であると考えられる。

最後に、ステップ6として、前ステップで得られた各ゾーンのソージャー数とステップ3で得られた各ゾーンのサイクル数から業種別の発生集中量を推計した。その結果の一

表4-2-17 相対的アクセシビリティ式のパラメータ

業 種	α	β	r	相関係数
1. 建設業	—	0.30	1.00	0.8063
2. 製造業	0.16	0.20	0.95	0.8550
3. 卸売業	0.14	—	0.60	0.8966
4. 小売業	0.02	0.20	1.10	0.8693
5. 公 務	0.10	0.56	1.50	0.8186
6. 個 人	0.02	0.38	1.40	0.8885

$${}_iA_j = E_j^\alpha H_j^\beta / T_{ij}^r \quad (\text{業種 } 2, 4, 5, 6)$$

$${}_iA_j = H_j^\beta / T_{ij}^r \quad (\text{業種 } 1)$$

$${}_iA_j = E_j^\alpha / T_{ij}^r \quad (\text{業種 } 3)$$

部として、全トリップチェーンを対象としたときの推計結果を表4-2-18に、また、これらを全業種に合計したときの完全トリップチェーンおよび全トリップチェーンの両者の推計結果を、表4-2-19に示す。これらより、実績のソージャー数とサイクル数との量的な比率はほぼ2:1であるので、式(4.2.21)によって得られる推計値と実績値との適合度は、各ゾーンへ配分されるソージャー数の推計精度により依存するものと考えられる。したがって、ここで提案された相対的アクセシビリティを用いる方法では、例えば、京都市関連トリップチェーンの生成に関して、京都市と比較的近距離にある大阪市が相対的アクセシビリティにおける大きな吸収源としての役割をもつため、域外ゾーンに対して過大評価する傾向をもつとともに、その逆に相対的に域内ゾーンに関し過小評価してしまう可能性がある。このことは、ソージャー数の配分方法に関する改良の余地があることを示唆するものであり、トリップ連鎖パターンの生成に立ち入った形で各ソージャーのゾーン分布が議論されていないという問題を提起している。(なお、この問題に関する以後の展開は、本章第4節にて詳細に検討していきたい。)

ここでは、トリップチェーン研究の中で需要推計を念頭に置きながら、その計量的分析ならびにシステマチックなモデルビルディングを意図し、具体的には都市内業務トリップチェーンに対して訪問先に着目した分析とそれにもとづく発生集中量推計モデルの提案を行ってきた。

これらの結果を要約すれば以下のとおりである。

- (1) 業務活動の1日の動きを規定するソージャー数の選択は個々の業種の業務内容の差異を反映し

表 4-2-18 業種別発生集中量の推計結果

業種 ゾーン	建設業		製造業		卸売業		小売業		公務		人	
	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値
1	2139	1929	2981	2642	2906	2763	2565	2972	1167	1218	14879	17142
2	1706	2056	4686	5349	4323	4923	2847	3488	1543	2458	14728	17032
3	2752	2267	2589	2510	3123	2525	3669	3115	1411	1504	17977	19325
4	2749	2563	6946	6053	7639	7189	5263	4778	4085	2364	22066	15966
5	2093	2796	6192	5473	8311	7733	4871	4337	1623	1783	23364	16843
6	2601	2630	3571	3747	4828	3806	3842	3562	1467	1667	22251	22927
7	2385	2044	3549	3119	3235	2689	3337	2240	1369	1058	21665	15893
8	3093	2591	6001	5563	4679	4999	3792	3824	1571	1688	15433	15944
9	4071	2420	6917	4017	5167	3176	4215	2703	2029	1311	29859	19972
10	809	847	585	1420	995	1607	743	903	166	261	7069	7067
11	1107	822	1362	1676	1303	1359	1623	1253	290	293	8521	8088
12	367	559	989	918	727	899	359	707	119	181	2948	4754
13	627	527	766	804	1207	1034	737	717	172	134	4617	3806
14	476	329	1023	632	1207	688	679	468	184	119	4604	3541
15	117	128	111	186	201	395	105	176	40	23	601	732
16	231	371	492	533	644	758	551	481	125	77	2373	2618
17	61	120	101	195	12	388	24	159	6	29	1002	1172
18	177	231	213	237	451	373	81	178	69	85	1341	1286
19	535	918	1656	1940	889	1165	745	1127	409	628	4433	7236
20	811	223	3427	3523	3229	3092	1132	1634	883	1040	6679	6683
21	40	496	330	1239	253	848	27	541	102	351	674	2994
22	105	427	211	617	389	638	229	462	74	149	1085	2602
23	239	547	907	888	837	780	299	504	158	368	2151	3339
24	0	158	25	263	75	371	6	152	0	37	113	670
25	29	143	29	150	13	252	3	86	11	29	129	425
計	29320	29141	55659	53695	56643	54449	41744	40629	19073	18854	230562	218055
相 関 係 数	0.9356		0.9583		0.9739		0.9642		0.8916		0.9485	
残 差 平 方 和	4,965×10 ⁶		1,282×10 ⁶		8,249×10 ⁶		8,249×10 ⁶		4,712×10 ⁶		2,465×10 ⁶	

ており、本研究で定義されたソージャー
ン数選択率曲線は、これをうまく表現し
ている。

(2) また、このソージャー数選択率
曲線は $y = \alpha \beta^x$ の形で表わされるが、車
の運行に関する諸仮定を設けることによ
り理論的にもこのような形となることが
明らかにされた。

(3) なお、これらの仮定の中でベイス
への帰宅確率に関しては各サイクルの帰
宅確率一定とみなして取り扱ったが、実
際には1日のタイムバジェットによりサ
イクル数が増すにつれて大きな値をとる。
したがって、本仮定は、実用的には1サ
イクルのトリップチェーンが大半を占め
ているため問題を生じることはないが、
このような帰宅確率の性質とタイムバジ
ェットとの関係についての分析が今後の課
題といえよう。

(4) 発生集中量推計モデルの構築に際
しては、比較的簡潔な推計フローによっ
て業務交通の生成量・発生集中量が得ら
れること、また、業務活動の活動拠点と
してのベイスとソージャーとの結びつ

表4-2-18 発生集中量の推計結果(全業種)

ゾーン番号	完全トリップチェーン		全トリップチェーン	
	実績値	計算値	実績値	計算値
1	19,592	20,444	26,362	28,666
2	23,647	24,538	33,260	35,306
3	21,228	22,585	29,911	31,246
4	31,232	26,584	52,448	38,912
5	22,268	26,514	43,862	38,965
6	25,527	27,625	34,633	38,339
7	26,465	19,707	39,624	27,042
8	23,836	23,993	44,256	34,610
9	40,454	24,688	57,981	33,598
10	8,195	8,653	12,241	12,166
11	12,261	9,881	16,994	13,491
12	4,191	5,961	5,400	8,019
13	4,402	4,791	7,162	7,021
14	4,776	3,772	8,573	5,776
15	874	1,149	1,114	1,640
16	3,100	3,494	4,485	4,838
17	1,504	1,512	1,965	2,064
18	1,224	1,531	2,146	2,389
19	6,357	9,420	9,831	13,014
20	16,689	13,729	20,725	17,195
21	1,803	5,012	1,974	6,469
22	803	3,287	2,269	4,895
23	2,661	4,288	5,490	6,426
24	232	1,157	394	1,651
25	265	738	428	1,085
合 計	303,586	295,052	463,528	414,820
相関係数	0.9460		0.9480	

きの度合をアクセシビリティの概念を用いて表現することで、従来のトリップ単位の方法では取り入れることができなかった面をモデルに内包することができた。すなわち、従来の回帰モデルや原単位モデルのいずれも各ゾーンにおけるトリップ発生・集中と当該ゾーンの特性との関係のみしか考慮されないため、都市内業務活動に深く関係する事業所と各訪問先との関係あるいは業務内容の差異から生じる立ち回り型の交通行動などの諸性質が表現できなかったが、本モデルによりこの点は大きく改善されたといえる。そして、その適用結果より適合度も良好であり、実用性を具備するモデルであるといえる。

また、次節以降の展開との関連においては、まずここで提案されたモデルをOD分布量推計へのよ

うにして拡張することができるかが課題となり、次いで本モデルの中で指摘された問題点がどのように改良可能かについての検討があげられよう。なお、OD分布量推計への拡張に関しては、次節において本節と同じ京都市関連の業務トリップチェーンデータを用いて詳しく検討されることになるが、第4節においてなされる本モデルの改良については、カートリップチェーンを対象とするのではなくパーソントリップチェーンを対象を移して議論していくことにする。

4-3 基本モデルのOD分布量推計への拡張

4-3-1 最短巡回問題へのアナロジーとその実証的考察^{8),9)}

ここでは、前節において明らかにされた発生集中量推計モデルを基本モデルとして、それをOD分布量推計のために拡張することを目的としている。すなわち、基本モデルでは都市内業務トリップチェーンに関して1日に立ち回る訪問先数が、ソージャー数選択率曲線に従って逓減するという性質を見出し、それにもとづきながらソージャーゾーンの分布を決めることによって発生集中量への変換が行われたわけである。本節では、それにつづく形で個々のトリップメーカーにとってのその日に訪問すべきソージャーの数と位置が所与のときに、その立ち回り順路が最短巡回をなすものと仮定することによって、トリップの連鎖性を残しながらOD表に計上する方法を提案することにする。

ここでいう「最短巡回問題」^{10),11)}とは、数理計画の分野における「巡回セールスマン問題 (Traveling salesman problem)」として知られているスケジューリング問題であり、一般に「与えられた n 個の訪問先を一度ずつ立ち回ってもとの出発地へ戻るときの最短巡回順路の探索問題」と定義される。数学的な記述では、 $n(n-1)$ 次元のベクトル $x = (x_{12}, x_{13}, \dots, x_{n,n-1})$ に対して、

$$\text{最小化} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n C_{ij} x_{ij} \quad \dots\dots\dots (4.3.1)$$

$$\text{条 件} \quad \left. \begin{array}{l} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n x_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (4.3.2)$$

$$\text{ここで、枝集合 } S(x) = \{(i, j) \mid x_{ij} \neq 0\} \quad \dots\dots\dots (4.3.3)$$

の作るグラフは連結であり、

$$x_{ij} \text{ は } 0 \text{ あるいは } 1 \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \text{ である,} \quad \dots\dots\dots (4.3.4)$$

と書くことができる整数計画問題の一つである。数理計画の分野ではこの n 個の訪問先が大きくなったときの解法が大きな関心事であるため、その点に関する多くの諸検討がなされているが、本研究で取扱

う訪問先数はたかだか8個ないし9個であるため、その解法自体が大きな問題とはならず、すべての立ち回り方を総当たりすることから最短巡回順路を見出すことができる。このときには、 n 個の訪問先(Sojourn)に関する立ち回り順路の集合 G を、

$$G = (G_1, G_2, \dots, G_k, \dots, G_K) \quad (K=n!) \quad \dots\dots\dots (4.3.5)$$

ここで、 G_k ($k=1, 2, \dots, K$): n 個の訪問先を立ち回るときの順路のうちの第 k 番目の組合せ

$$G_k = \{S_{k0} \rightarrow S_{k1} \rightarrow S_{k2} \rightarrow \dots \rightarrow S_{kn} \rightarrow S_{kn+1}\} \quad \dots\dots\dots (4.3.6)$$

定義することによって、式(4.3.6)の立ち回りにおける総移動時間 $T(G_k)$ を次式によって求める。

$$T(G_k) = \sum_{j=0}^n T_{k_j k_{j+1}} \quad \dots\dots\dots (4.3.7)$$

ここで、 $T_{k_j k_{j+1}}$: 訪問先(k_j)から訪問先(k_{j+1})の所要時間 ($k_0=k_{n+1}$ であり、ベースを意味)

次に、 $T(G_1), T(G_2), \dots, T(G_k), \dots, T(G_K)$ の中から総移動時間が最小である組合せを選べば、それが最短巡回経路を意味する。すなわち、

$$G_x^* = \min_k \{T(G_k), k=1, 2, \dots, K \mid G_k \in G\} \quad \dots\dots\dots (4.3.8)$$

を満たす巡回順路 G_x^* が解となるわけである。

$$G_x^* = \{S_{x_0}^* \rightarrow S_{x_1}^* \rightarrow S_{x_2}^* \rightarrow \dots \rightarrow S_{x_n}^* \rightarrow S_{x_{n+1}}^*\} \quad \dots\dots\dots (4.3.9)$$

なお、ゾーン間の移動時間 t_{ij} は $t_{ij} = t_{ji}$ ($i, j=1, 2, \dots, N$)と考えてよいから、総当たりの立ち回り方の組合せのうち、その対称性からちょうど半分だけの通りを検討することになる。

そこでまず、こうした最短巡回の仮定が実際の都市内業務交通のうちどの程度成り立つものであるかを明らかにしておく必要がある。¹²⁾ そのために、京都市関連の業務トリップチェーンを対象として、チェーン内ソージャー数別に最短巡回をなす割合(適合度)を調べることにした。ここでゾーン間の移動は各ゾーンのゾーン中心を設けることによってゾーン中心間距離で測定し、また、ゾーン内の動きについてもゾーン内々所要時間 t_{ii} を別途に定めている。

なお、このような検証方法はゾーニングや内々距離の設定の仕方が影響するものと考えられるため、本来は個別のトリップチェーンを抽出し、それぞれを非集計的に個々の訪問先間の所要時間を用いて行うことが望ましいのかもしれない。しかしながらここでは、今回の分析対象であるカートリップチェーンデータにおいてそのような取扱いが不可能であること、そして、ゾーニングや内々距離の問題については、試行錯誤的にいくつかのケースを設けた比較検討によって対処できると考えた。さらに、最短巡

回経路上の所要時間と実績データのそれとが一致しないのであれば、どの程度の差異をもつものなのかを調べることで、最短巡回へのアナロジーの妥当性を判断できると考えている。なお、ゾーニングについては、京都市内のゾーン数を9ゾーンとする場合（合計では25ゾーン）と16ゾーンに細分割する場合（32ゾーン）の2種類として、またゾーン内々距離は次式にもとづき5種類（ $\tau = 1/6, 1/3, 1/2, 2/3, 5/6$ ）を用いることにしている。

$$t_{ii} = \tau \cdot t_{ij}^* \quad \cdots \cdots (4.3.10)$$

ここで、

$$t_{ij}^* = \min_j \{t_{ij}, j=1, 2, \dots, N\}$$

τ : 比例定数

その結果の一部としてゾーニングを25ゾーンとしたときのソージャー数別にみた適合度を図4-3-1に示す。これより、

ソージャー数の増加とともに最短巡回経路上の所要時間と一致しない割合が多いことがわかる。なお、この傾向はゾーニングや内々距離を別途に定めても変わるものではない。ソージャー数の多い場合において、これほど適合度が悪いとは予想できなかったことであるため、その不一致の程度を検討してみることにした。すなわち、個々のトリップチェーンデータに対して、その巡回順路における総所要時間と最短巡回経路上のそれとの差が最短巡回経路総所要時間に占める割合を求め、それらのソージャー数別の度数分布を求めた。その結果を表4-3-1に示し、図4-3-2にソージャー数3～8までの各ソージャー数に対しての累積度数分布を示す。これらより、ソージャー数の多いトリップチェーンにおいても、最短巡回路との誤差割合が比較的小さいことが示されており、実際の巡回経路が最短巡回とそれほど大きく異っているものでないと解釈される。むしろ、今回の検証方法がどうしてもゾーニングなどの集計的扱いによる影響が残されていることを考えると、この誤差率が0%でなければならないことに固執するよりも、実際の総所要時間で最短巡回に比して5%未満の差異しかみられない

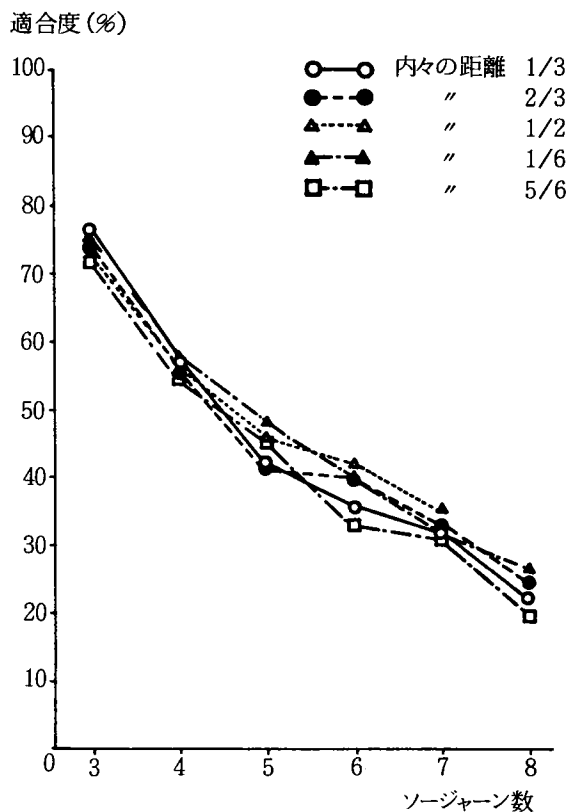


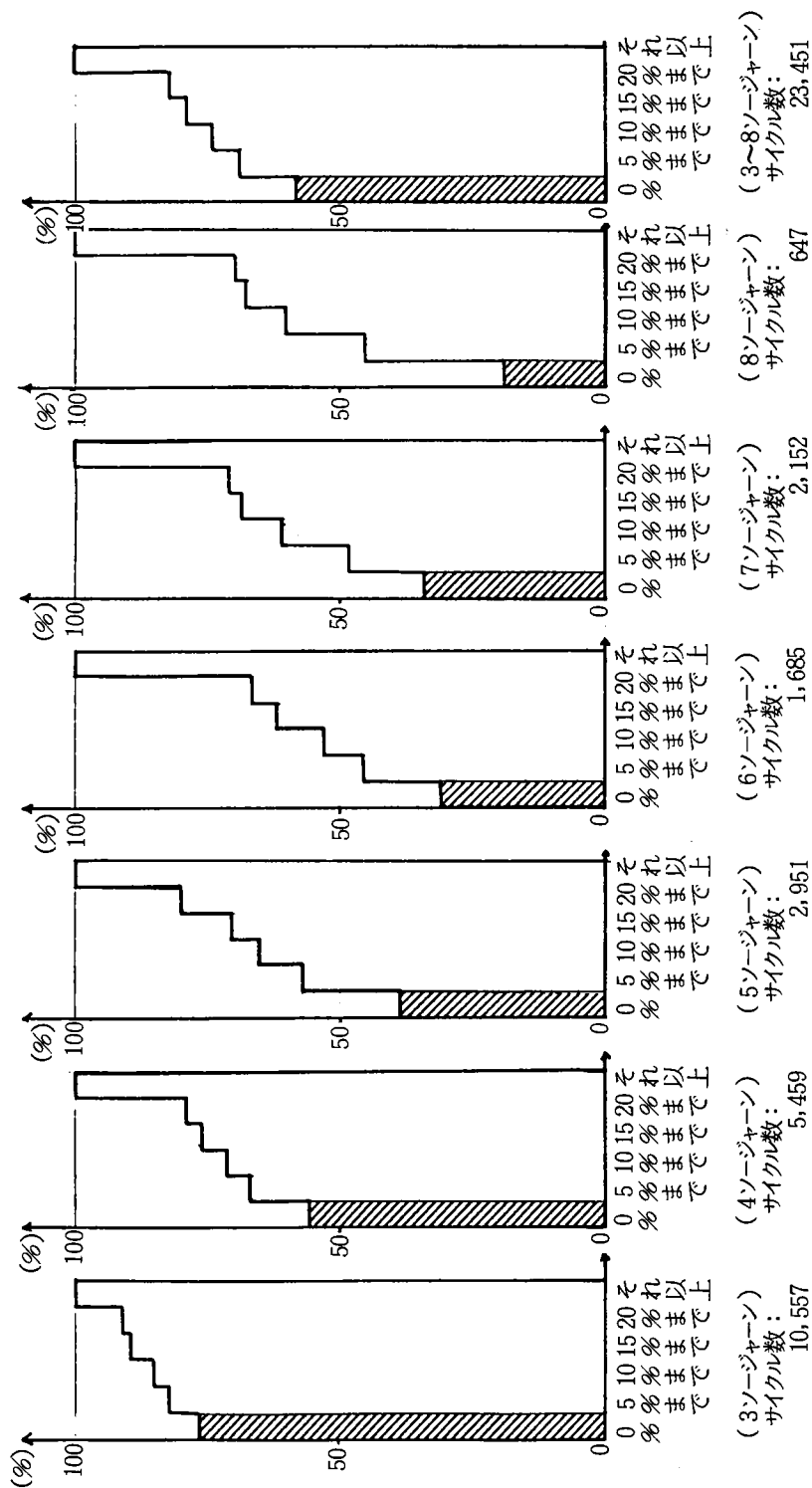
図4-3-1 サイクル単位でみた最短巡回の適合度
(域内発トリップチェーン)

巡回順路とは、現実にはそちらの方が最短巡回である場合もあり得ることを考慮すべきであろう。しかしながら、ソージャー数が増加とともに、やはり最短巡回でない立ち回りを行うトリップチェーンの割合が多くなっていることは明らかであり、このような合理的な行動原理も実際の業務交通の生成の中では単純に受容されることが困難な状況にあることを物語っている。これは、特に都市内業務交通においては、その業務内容によっては訪問先への訪問順序に制約があったり、あるいは偶発的な要因によ

表4-3-1 所要時間差の割合のランク別実数
(分断サイクルゾーン数 25, $\tau = \frac{1}{3}$)

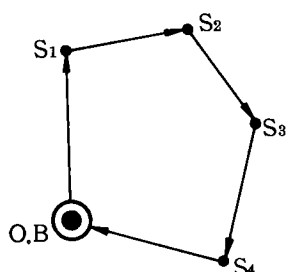
ソージャー数	分断 サイクル数	所要時間差の割合のランク (%)				
		0	0～5	5～10	10～15	15～20
全 域 発	1	60,810	60,810			
	2	21,519	21,519			
	3	10,557	8,014	668	301	460
	4	5,459	3,013	651	227	237
	5	2,951	1,134	549	247	151
	6	1,685	517	249	125	158
	7	2,152	731	309	277	164
	8	647	125	164	102	48
	3～8	23,451	13,534	2,590	1,279	1,218
	1～8	105,780	95,863	2,590	1,279	1,218
内 域 発	1	49,442	49,442			
	2	16,298	16,298			
	3	7,783	5,953	412	203	365
	4	4,059	2,308	367	161	164
	5	2,009	840	282	172	114
	6	1,243	438	205	112	51
	7	1,594	519	187	221	110
	8	557	125	118	78	48
	3～8	17,245	10,183	1,571	947	852
	1～8	82,985	75,923	1,571	947	852

り最短巡回性が途中で崩される場合が生じることによる。例えば図4-3-3に示すように、1日全体の業務トリップチェーンの生成において各ゾーンへの巡回経路の変更に多くのファクターが関係する場合があるために、結果的に最短巡回が崩される場合が生じるものと考えられる。



注) 図中斜線部ランク(0%)の比率は、各ゾーン数別にみた最短巡回経路に一致する割合である。

図4-3-2 ソーン数別にみた最短巡回経路との相対的所要時間差の割合

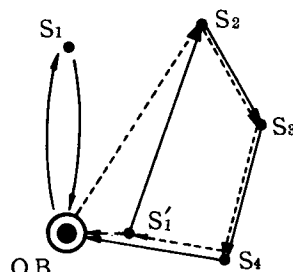


ソージャー数4について最短巡回

$$S = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$$

$$G_x = \{S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_4\}$$

(a) 偶発的要因の影響前における巡回経路パターン



ソージャー S_1 への訪問後にO,Bへ帰社する必要が生じ、その結果

S_2 へ訪問する前に S'_1 に訪れる必要が生じた。このときソージャー数4について、 $S = \{S'_1, S_2, S_3, S_4\}$

$$G'_x = \{S'_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_4\}$$

(G'_x は最短巡回でない。)

(b) 偶発的要因の影響後における巡回経路パターン

図4-3-3 最短巡回パターンが成立しない例

4-3-2 OD分布量推計モデルの定式化と適用例¹³⁾

前項における実証的分析結果としては、ソージャー数の増加に伴い最短巡回経路上での総移動時間に一致しない巡回順序をなすパターンが多くなるものの、その所要時間のずれはそれほど大きくないことがわかった。もちろん、最短巡回問題とみなしてOD分布量推計モデルを構築する際には、こうした結果は満足できる根拠を与えるものと言いが、トリップチェーンの生成における基本的な行動原理として、最短巡回を仮定することは妥当性のあるものと考えられること、また、基本フレームをこのように定めておくことによって、その応用問題として最短巡回の仮定が崩れる場合を考慮していくといった方法もあると思われることなどから、本項では具体的なOD分布量推計モデルの定式化を行い、次いでその適用例を紹介することにする。

(1) モデルの定式化

最短巡回問題へ帰着することによってOD分布量を推計しようとするとき、図4-3-4に示される推計フローに従って行うものとする。その概略を述べると、まず、ゾーン別登録台数などの土地利用指標を用い、ゾーン別発生トリップチェーン数が求められ、次いでこれまでの諸分析で得られているソージャー数選択率曲線を用いてゾーン別ソージャー数別の発生トリップチェーン数を推計する。次に、組合せ決定モデルによってあるソージャー数をもつトリップチェーンにおいて、個々のソージャーが含まれるゾーンの実現可能な組合せの決定がなされ、そしてその各々の組合せに対して最短巡回経路の探索を行う。最後にそれらをOD別に集計することによって発生ゾーン別OD表が得られ、さらに発生ゾーンによって集計すれば全OD表となる。

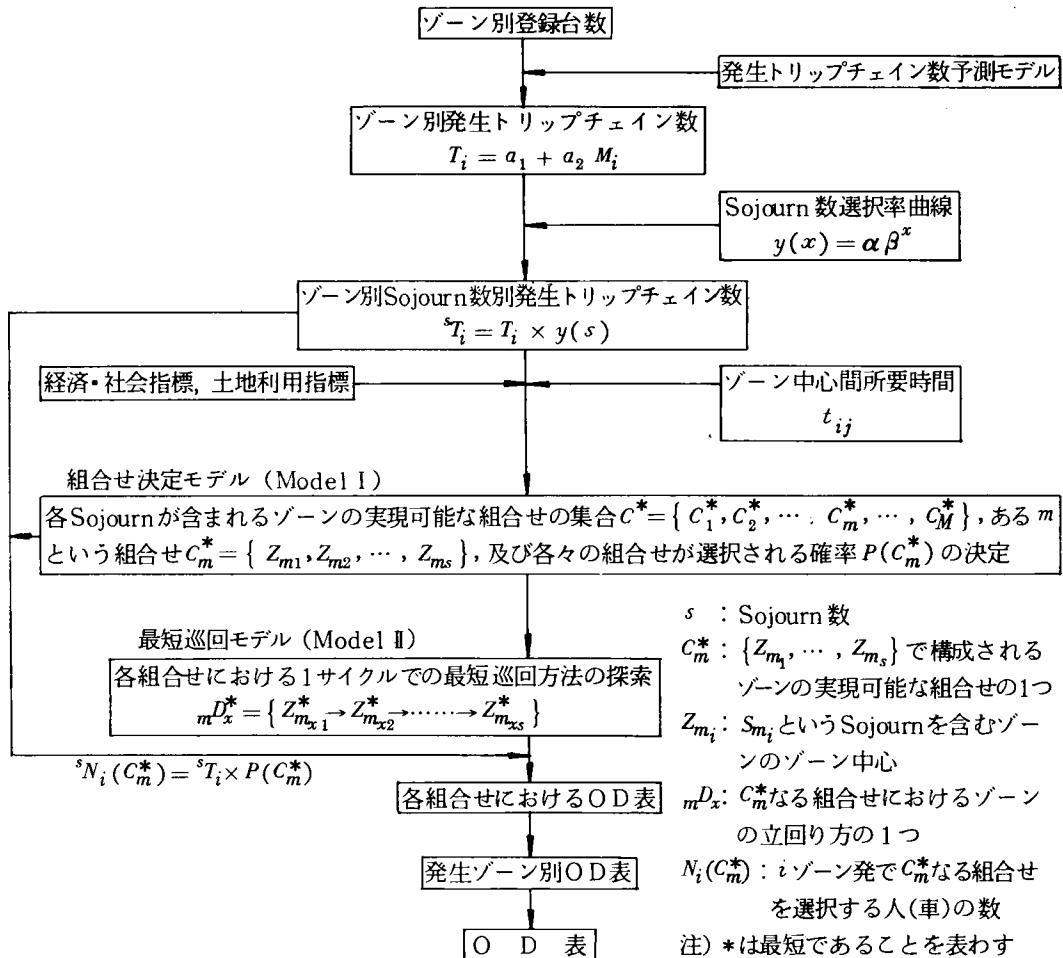


図4-3-4 OD分布量推計フロ

ここで、組合せ決定モデルの具体的なフローを図4-3-4に示し、その考え方を以下に述べることにする。

いま、ゾーン数 N 、ソージャー数を s とすれば、 N 種の相異なる要素から重複を許して s 個のものをとり出す重複組合せと同様の場合の数がその組合せとして存在する。すなわち、

$${}_N H_s = {}_{N+s-1} C_s = \frac{(N+s-1)!}{s!(N-1)!} \dots\dots\dots (4.3.11)$$

で表わされ、ちなみに本研究で考えているように、 N が25で s が8の場合では、実に 10, 518, 300 通りあることになる。この膨大な組合せを総当り的に検討することは全く不可能といってよく、当然実用的でない。Model I ではその数を減らす必要がある。これは実際のデータの分析からもソージャー数が8の完全トリップチェーン数(サイクル数でも)は、全ゾーンで600余であり、ゾーン別にみればさら

にわずかになることからわかる。そこで、実現可能な組合せとその実現確率を、総当りをせずにか
にして選ぶかが問題となる。

そこで、その対処の仕方とModel I の機能を図4-3-5のフローを用いて説明しよう。まず、ベース
ゾーン、ゾーン別集積量、ゾーン間所要時間が所与の時に、ある組合せ

$$C_w = \{Z_{w1}, Z_{w2}, \dots, Z_{ws}\} \quad \dots\dots\dots (4. 3. 12)$$

のもつ魅力値 $\bar{P}(C_w)$ を算定することにする。したがって、魅力値を与える関数を次式のように定めた。

$$\bar{P}(C_w) = \prod_{k=1}^n X_{wk}^{\theta} \cdot t_{w0}^{-r}{}_{wk} \quad \dots\dots\dots (4. 3. 13)$$

そこで、まず、STEP1でゾーン別に $\bar{P}(C_w)$ の魅力値算定式の中で積の形を構成する各々の項に着目
する。そして、ベースゾーンが今 j_0 のときの各ゾーンについて

$$r_j = X_j^{\theta} t_{j0}^{-r}{}_{j} \quad (j=1 \sim N) \quad \dots\dots\dots (4. 3. 14)$$

なる r_j を算定する。 $r_j (j=1 \sim N)$ の集合を R とする。

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_N\} \quad \dots\dots\dots (4. 3. 15)$$

次に、STEP2で r_j を大きい順に並べかえ、その集合を

$$\widetilde{R} = \{\widetilde{r}_1, \widetilde{r}_2, \dots, \widetilde{r}_N\} \quad \dots\dots\dots (4. 3. 16)$$

として求める。

次に、考えられる組合せの集合を、

$$C = \{C_1, C_2, \dots, C_{wf}\} \quad (wf \text{ は前述の重複組合せの数}) \quad \dots\dots\dots (4. 3. 17)$$

とすれば、その中から実現可能な M 個 (M は結果的に得られる数で当初は未定である。)の組合せの集合

$$C^* = \{C_1^*, C_2^*, \dots, C_M^*\} \quad \dots\dots\dots (4. 3. 18)$$

を求めるわけであるが、それにあたってはフロー中のModel I-1とModel I-2を用いることになる。
すなわち、Model I-1では、集合 \widetilde{R} を用いて $\bar{P}(C_w)$ の大きい順に1つずつ実現可能な組合せの集合
 C^* へ組み入れられるべき組合せ C_m^* (第 m 番目の実現可能な組合せとなる資格を有する組合せ)を決定
する。(STEP4) 次に、Model I-2では、新しく決定された C_m^* が果たして実現可能か否かを、あ
る実現可能限界確率 P_{ϵ} を設定することによって以下のように判断するのである。(STEP5)

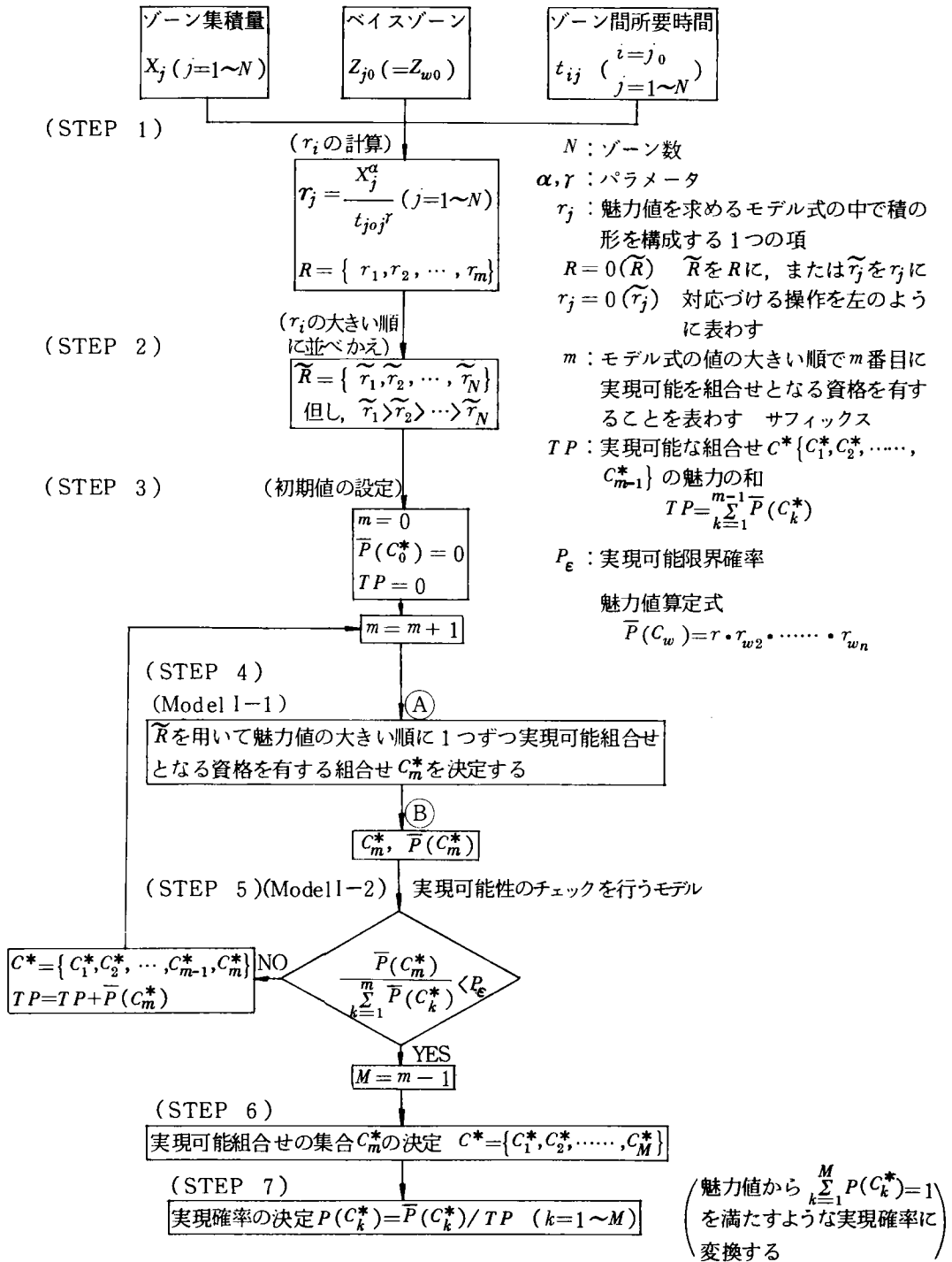


図4-3-5 訪問先の組合せ決定モデルのフロー

$$\frac{\bar{P}(C_m^*)}{\sum_{k=1}^m \bar{P}(C_k^*)} \begin{matrix} \geq \\ \leq \end{matrix} P_\epsilon \quad \dots\dots\dots (4.3.19)$$

上式において、左辺 \geq 右辺ならば実現可能と判断され C_m^* は集合 C^* へ組み入れられ、次の C_{m+1}^* なる組合せについて同様のことが繰り返される。また、左辺 $<$ 右辺ならば実現不可能と判断され、 C_m^* は C^* に組み入れられず、実現可能な組合せの集合 C^* は、STEP 6で、

$$C^* = \{C_1^*, C_2^*, \dots, C_M^*\} \quad (M=m-1) \quad \dots\dots\dots (4.3.20)$$

と決定される。そして、組合せ C_k^* ($k=1\sim M$)のもつ魅力値 $\bar{P}(C_k^*)$ から、

$$P(C_k^*) = \frac{\bar{P}(C_k^*)}{\sum_{k=1}^M \bar{P}(C_k^*)} \quad (k=1\sim M) \quad \dots\dots\dots (4.3.21)$$

なる式を用いて、それぞれの実現可能となった組合せの実現確率 $P(C_k^*)$ へと

$$\sum_{k=1}^M P(C_k^*) = 1 \quad \dots\dots\dots (4.3.22)$$

を満たすように、魅力値は変換される。(STEP 7)

(2) 適用例

ここでは本モデルの具体的な適用を行い、その現況再現性などを検討していくことにする。その際に(ソージャーゾーンの組合せ決定については)発生集中量の推計を行った基本モデルには含まれていないので、前もってパラメータ推定が必要となる。すなわち、式(4.3.13)で示されるある組合せのもつ魅力値算定式におけるパラメータ α, τ である。このパラメータ推定をすべての組合せに関する実現確率を被説明変数として行うことは、組合せの数が膨大であり、ほとんど0に等しい場合が多いことから非現実的である。そこで、式(4.3.13)があるベイスゾーン w_0 を出発して n 個のソージャーを訪れるトリップチェーンに対して、各ソージャーゾーンのもつ相対的アクセシビリティの乗積となっていることから、その共通のパラメータ α, τ は、結局、 i ゾーン発ソージャー数 n のトリップチェーンにおける各ソージャーゾーンの魅力に規定されると考えられる。したがって、次式に示される相対的アクセシビリティ式において推定されたパラメータ値を、式(4.3.13)においても用いることにした。

$${}_i^n RS_j = g X_j^{\theta n} \cdot {}_i^n \tau_{ij} \quad \dots\dots\dots (4.3.23)$$

ここで、 ${}_i^n RS_j = {}_i^n NS_j / \sum_{j=i}^N {}_i^n NS_j$: i ゾーン発ソージャー数 n のトリップチェーンにおける総ソージャ

ーン数のうち j ゾーンをソージャーゾーンとする割合

g : 調整係数 ($\sum_j {}^n RS_j = 1$)

X_j : j ゾーン の 集 積 量 (例 えば, $X_j = H_j$ と すれば, H_j (夜 間 人 口) が ソー ジャー ン の 集 積 量 を 示 す。)

t_{ij} : $i - j$ ゾーン 間 所 要 時 間

θ_n, r_n : ソー ジャー ン 数 別 の パラメータ

そしてさらに, ソー ジャー ン 数 に 関 係 な く パラメータを定めることも考えることにし, 式 (4.3.23) を n の サフィックスを除いて,

$${}_i RS_j = g X_j^\theta \cdot t_{ij}^r \quad \dots\dots\dots (4.3.24)$$

としてパラメータ推定を併せて行うことにした。

その推定結果を表4-3-2に示す。(なお, 表中の最下欄は式(4.3.24)に従ってソージャー数に關係のない場合を併記したものである。)これより, ソージャー数の増加とともに距離抵抗値の絶対値が小さくなる傾向にあり, そして相関係数も若干低下していることがわかる。本モデルでは, モデル全体の簡略化の意味からも魅力値算定式中に用いられるパラメータは, ソージャー

表4-3-2 ソージャー数別発生ゾーン別ゾーン集中ソージャー数構成比 ${}_i RS_j$ の回帰・ ${}_i RS_j = g H_j^\theta t_{ij}^r$ (完全トリップチェーンのみ)

ソージャー数	パラメータ		相 関 係 数	残差自乗和
	θ	r		
1	0.297778	-0.986668	0.922777	0.17244
2	0.288889	-0.888890	0.896164	0.19275
3	0.115555	-0.800001	0.902981	0.15812
4	0.137778	-0.760000	0.862020	0.21047
5	0.115555	-0.711110	0.767912	0.35550
6	0.004444	-0.568889	0.655426	0.50008
7	0.004444	-0.608889	0.755217	0.29320
8	0.004444	-0.560000	0.572630	0.68361
全ソージャー	0.186667	-0.835557	0.920053	0.12992

注) $t_{ii} = 1/3 t_{ij}^*$

数別にするとはせず, 全ソージャー数に関する推定値を採用することにした。

次に, 組合せ決定に関してやはり重要な役割を果たすものとして, 式(4.3.19)に用いられる実現可能限界確率 P_ϵ について説明しておこう。すなわち, チェイン内ソージャー数が増加するとき, ソージャーゾーンのその組合せの種類としては膨大な数になるが, その中で実現している組合せの種類はごく限られているため, 組合せとして魅力値が大きいものから順々に決定していく過程でどこまでで打ち切れば良いかを判断できる基準が必要となるわけである。そこで, 次式によってソージャー数別ベイスゾーン別の実現可能限界確率 ${}_i P_\epsilon$ を定義することにした。

$${}^n_i P_\varepsilon = 1/TC_i^n \quad \dots\dots\dots (4.3.25)$$

ここで、 TC_i^n : i ゾーン発ソージャー数 n の発生チェーン数

これは、組合せ決定において実現可能な組合せとなる資格を有する組合せをその魅力値の大きいものから選び出しているので、もし第 m 番目の組合せ C_m^* のときにその実現確率 $P(C_m^*)$ が ${}^n_i P_\varepsilon$ に等しければ、その組合せを選択する車の台数は 1 に等しくなっているはずであるからである。

そして、これらの準備が整ったところで、京都市業務トリップチェーンにより生成される OD 分布量の現況再現性の検討に入ることにする。なお、このとき前述の魅力値算定式の構造として、式 (4.3.19) で示されるタイプとは別に、次式を用いた修正タイプのものも考えている。この場合の算定式は、本モデルの全体がチェーン内ソージャー数による差異に着目していることから、その性質を積極的に反映するものとして検討の材料に取上げたわけである。

$$\bar{P}(C_w) = \left(\prod_{k=1}^n X_{w_k}^\theta \cdot t_{w_0 w_k}^r \right)^{1/n} \quad \dots\dots\dots (4.3.26)$$

その結果、ソージャー数別にみた OD 分布量の現況再現性をみたものが表 4-3-3 である。なお、ここで推計された OD 分布量はその合計値が実績のそれと一致するように調整されている。これらより、

表 4-3-3 OD 分布量推計モデルの適合度

ソージャー数	魅力値算定式のタイプ タイプ 1 $P(C_w) = \prod_k (X_k^\theta \cdot t_{w_0 w_k}^r)$		修正タイプ $P(C_w) = \left(\prod_k X_k^\theta \cdot t_{w_0 w_k}^r \right)^{1/n}$	
	相 関係 数	残 差 二 乗 和	相 関係 数	残 差 二 乗 和
1	0.939	0.277×10 ⁸	0.939	0.277×10 ⁸
2	0.919	0.566×10 ⁷	0.868	0.155×10 ⁸
3	0.903	0.370×10 ⁷	0.929	0.254×10 ⁷
4	0.868	0.411×10 ⁷	0.916	0.105×10 ⁷
5	0.847	0.251×10 ⁷	0.880	0.103×10 ⁷
6	0.803	0.217×10 ⁷	0.829	0.120×10 ⁷
7	0.810	0.493×10 ⁷	0.831	0.294×10 ⁷
8	0.773	0.115×10 ⁷	0.781	0.821×10 ⁶
全 Sojourn	0.947	0.102×10 ⁷	0.960	0.831×10 ⁸

- ① まず式 (4.3.19) のタイプの魅力値算定式を用いた場合で

は、全体的にみたときで 0.947 の高い適合度を示しており、ソージャー数別ではソージャー数の多いほど適合度がやや低下する傾向にあることがわかる。また、各 OD ペアごとに着目すれば、ソージャー数の増加とともにゾーン内々ペアにおいて過大となっている場合が多くみられる。これは、魅力値算定式の構造(式 (4.3.19) 参照) がソージャー数が多くなるとともに、乗積される数が増えるため、内々ゾーンにソージャーをもつ場合の魅力値が過大評価されることによる。

- ② 一方、修正タイプ(式 (4.3.26) 参照) の魅力値算定式のケースでは、全体の適合度は 0.960 と若

千向上した結果となっている。このタイプの式では、前述のようなソージャー数¹⁴⁾の増加がゾーン内々ペアの魅力値の過大評価につながる傾向を抑えることができるため、その点で適合度が改善されたことになったものと考えられる。

ここで本節における議論の総括をすれば、まず、最短巡回問題としてみたときの実証分析では、ソージャー数¹⁵⁾の増加とともに最短巡回の適合度が低下する傾向にあるものの、そのずれの大きさは総所要時間で見るとそれほど大きいものではないことがわかった。ただし、本来はこのような実証分析では非集計的に個別なデータに関する検証方法を用いるべきであり、今回の分析方法が十分でなかったことも事実である。そして、そのようなより詳細な検討が可能となれば、最短巡回がどのような形で崩れるものなのか(例えば、*k*-th shortest path 問題への展開の可能性)についても実証的に議論できると考えられ今後の課題となろう。

次に提案されたOD分布量推計モデルの定式化においては、最短巡回自身が問題というよりも、そのようなソージャーゾーンの組合せをどのように決定するかという組合せ決定方法のモデル化が争点となっていた。結局、この中で各ソージャーのもつ魅力を、ベースゾーンとの相対的アクセシビリティに求めている点で、前節の発生集中量推計におけるソージャー数の配分方法と同じ発想に立つものと考えられるが、それ以外の各ソージャー間¹⁶⁾の関係などの他のトリップチェーンの諸性質への考慮がモデルの改良の上で考えていかねばならない課題といえよう。また、その際、ソージャーの組合せとその立ち回りパターン(巡回順路)に相互に関係する面が多い場合には、ここで示した推計フローとは異なる同時決定的アプローチが必要となるかもしれない。

本節で検討されたOD分布量推計への拡張においては、最短巡回というトリップメーカーの行動原理を仮定し、さらに、その前提としてその日のソージャー数と位置があらかじめ与えることができるものとみなしていることによって、モデル全体が構成されているといえる。このようなアプローチは、トリップチェーンの行動論的モデル化ないしその記述にとって有効である反面、実証的分析からわかるように現実の交通需要構造への適合およびその予測にはやや柔軟性に欠くところがあると考えられる。したがって、今後、より行動論的なアプローチに傾斜するならば、OD分布量推計というよりもむしろ人間活動システムのモデル化を意図すべきであろうし、一方、需要予測モデルとしての洗練化をはかるならば、最短巡回を基調としながらそれが変形されるところのモデル化をめざすことが目下の課題となろう。

4-4 トリップ連鎖パターンにもとづく発生集中量推計モデル(基本モデルの改良)

4-4-1 モデルの基本的な考え方^{14), 20)}

ここでは、前節までにおいて検討された基本モデルとその拡張に関する議論を踏まえ、交通需要推計を念頭に置いたより説得力のあるトリップチェーンモデルの構築を試みることにする。そのためにまず、

基本モデルにおけるモデル構成上の基盤となっている考え方とその改良が要請されている点を明らかにしたい。すなわち、本章におけるトリップチェーンモデルでは、交通需要の派生的性質をベースゾーンとソージャーゾーンとの関係の中でとらえ、かつ、交通行動の1日完結性あるいはそこで織りなされるトリップ連鎖パターンをソージャー数の選択の観点から取上げることが最も重要なモデル構成上の基盤となっていた。特にソージャー数の選択に関しては、都市内業務交通がそれぞれの業種の用務内容を反映するものとして、1日の交通行動パターンを大きく規定するものであることが明示的に取扱われている。そして次に提案されたOD分布量推計への拡張においては、トリップチェーンの生成機構の中にスケジューリングの考え方を導入することによって、トリップの連鎖性を最短巡回経路上に見出す試みがなされた。

このようなアプローチでは、ソージャー数とともにその位置（どのゾーンをソージャーゾーンとして訪問するか）をあらかじめ何らかの方法で決定しておく必要があり、その点について基本モデルでは、全ソージャー数の分布を相対的アクセシビリティを用いて行っていた。したがって、トリップチェーンの生成において、ソージャー数あるいはサイクル数といったトリップ連鎖パターンに関するものと、ソージャーゾーンの空間的分布に関する問題が段階的なステップによって議論しようとしているといえる。そこで本節においては、この段階的構造を緩めて、あるソージャー数のもとでサイクル数の決定とソージャーゾーンの組合せ決定を同時に行うことにより、モデルフレーム自体をより説得力のあるものにすることを考えることにする。

すなわち、ここではトリップ連鎖パターンに関してソージャー数がいくつであるかという選択がすでになされたときに、あるソージャー数 S のトリップチェーンについて ℓ サイクル型（ $\ell = 1, 2, \dots, S$ ）がどのような割合であるか、そしてどのようなソージャーゾーンを選択しているかを決定するモデルの提案を試みることにする。

さて、 i ゾーンをベースゾーンとし、ソージャー数 S 個であるトリップチェーンについて、 ℓ サイクル型連鎖パターンで j ゾーンを訪問先として訪れる回数の合計、つまり j ゾーンへのソージャー数を $f_{ij}^{s,i}$ （以後 s, i のサフィックスを省略して f_{ij} とする）とすれば、表4-4-1に示されるサイクル・ソージャー分布表を得る。

ここで、すべての業務トリップチェーンが完全トリップチェーンであれば、サイクル・ソージャー分布表におけるソージャー側周辺分布 g_j はソージャーゾーンとしての j ゾーンの発生量および集中量に等しい。またベースゾーン側に着目すると、 ℓ サイクル型連鎖パターンの1個のトリップチェーンは、当該ベースゾーンにおいて結局そのサイクル数 ℓ 個に等しい発生量および集中量をもつ。したがって、将来のサイクル・ソージャー分布の推計を行うことによって、その周辺分布 g_j^* と ℓ サイクル型連鎖パターンのチェーン数から業務トリップの発生集中量の推計が可能となる。

なお、このサイクル・ソージャー
ンゾーン分布量推計は、従来のOD
分布交通量推計方法の1つである重
力モデル的エントロピー法が用いら
れるが、それについては次節のモデ
ルの定式化において詳述される。

$$f_l = \sum_j^N f_{lj} \quad \cdots (4.4.1)$$

f_l : ℓ サイクル型連鎖パ
ターンのトリップチ
ェインにおけるソー
ジャー数総数

$$g_j = \sum_l^S f_{lj} \quad \cdots \cdots \cdots (4.4.2)$$

g_j : j ゾーンをソージャーゾーンとするソージャー数総数

$$T = \sum_l^S \sum_j^N f_{lj}$$

T : i ゾーン発ソージャー数 S 個のトリップチェーンにおけるソージャー数の総計

4-4-2 モデルの定式化とその適用例 ¹⁵⁾

ここでは、サイクル・ソージャー分布量推計プロセスの各段階を示し、本モデルの概略を述べる。
まず全体の流れとしては、次の4段階から構成されている。

- 第1段階：先験確率の推定式の同定化
- 第2段階：発生業務トリップチェーン数の推計
- 第3段階：サイクル・ソージャー分布量の推計
- 第4段階：業務トリップの発生集中量の推計

(1) 先験確率の推定式の同定化

まず第1段階では、サイクル・ソージャー分布量の実績値より単位分布表の形に書きなおし、チェ
イン内ソージャー数別ベイスゾーン別の先験確率を得る。(以後、すべてソージャー数は S として
サフィックスを省略している。)

表 4-4-1 サイクル・ソージャー分布表

サイクル数 \ ソージャーゾーン	ソージャーゾーン						
	1	2	.....	j	.....	N	
1	f_{11}	f_{12}	.....	f_{1j}	.....	f_{1N}	f_1
2	f_{21}	f_{22}	.....	f_{2j}	.....	f_{2N}	f_2
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots
ℓ	$f_{\ell 1}$	$f_{\ell 2}$	.....	$f_{\ell j}$	.....	$f_{\ell N}$	f_ℓ
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots
S	f_{S1}	f_{S2}	.....	f_{Sj}	.....	f_{SN}	f_S
	g_1	g_2	.....	g_j	.....	g_N	T

$$q_{lj}^i = f_{lj}^i / T^i \quad \dots\dots\dots (4.4.4)$$

ここで、 f_{lj}^i : ベ이스ゾーン i における l サイクル型連鎖パターンの j ゾーンへのソージャー数
 T^i : ベ이스ゾーン i における総ソージャー数

$$\sum_{l=1}^S \sum_{j=1}^N q_{lj}^i = 1 \quad \dots\dots\dots (4.4.5)$$

ここでOD分布交通量推計の一手法^{16), 17)}である重力モデル的エントロピー法における先験確率 P'_{ij} を考えてみると、

$$P'_{ij} = \alpha u_i v_j t_{ij}^{-r} \quad \dots\dots\dots (4.4.6)$$

ここで、 P'_{ij} : $i-j$ ゾーン間の先験確率 $\sum_i \sum_j P'_{ij} = 1$

u_i : i ゾーン相対的発生力

v_j : j ゾーンの相対的吸引力

t_{ij} : $i-j$ ゾーン間所要時間

r : パラメータ

α : $\sum_i \sum_j P'_{ij} = 1$ を満足するための調整係数

結局、これは発側、着側そしてゾーン間の3つのファクターによって構造を説明しており、その意味から言えば、サイクル・ソージャー分布においてはサイクル側、ソージャー側そしてサイクル・ソージャー間の3つが対応する。本モデルでは、これら3つのファクターを次のような考え方に従って指標化する。すなわち、

i) サイクル側の相対的発生力としては、サイクル・ソージャー分布表の列和として次式で示されるサイクルパターン比率 ${}^i w_l$ とする。

$${}^i w_l = \sum_j f_{lj}^i / T^i = \sum_j q_{lj}^i \quad \dots\dots\dots (4.4.7)$$

ii) ソージャー側の相対的吸引力としては、サイクル側と同様にサイクル・ソージャー分布表の行和 ${}^i e_j (= \sum_l q_{lj}^i)$ が考えられるが、前述のようにこの予測値をあらかじめ与えることができないために、他の代替的な指標化が必要となる。そこで、次式で定義される相対的アクセシビリティを用いることにより、ソージャー側の相対的吸引力とする。

$${}^i A_j = \frac{E_j / t_{ij}}{\sum_j (E_j / t_{ij})} \quad \dots\dots\dots (4.4.8)$$

ここで、 A_j : i ゾーンから j ゾーンへの相対的アクセシビリティ

E_j : j ゾーンの経済指標（従業員数）

t_{ij} : $i-j$ ゾーン間の時間距離

iii) サイクル・ソージャー間特性 ρ_{lj} の指標化に関しては、ベースゾーンを i ゾーンとしてそのソージャー数が S のトリップチェーンにとって、 ℓ サイクル型連鎖パターンでのソージャーゾーン j への行き易さ（逆に距離抵抗）を表現するものと解釈し、次式で定義される指標を用いることにする。

$$\rho_{lj}^i = t_{ij}^{-r_l} \quad \dots\dots\dots (4.4.9)$$

ここで、 t_{ij} : ベースゾーン i とソージャーゾーン j との所要時間

r_l : ℓ サイクル型連鎖パターンの距離抵抗パラメータ

結局、式(4.4.7)、式(4.4.8)、式(4.4.9)を用いて、先験確率 q_{lj}^i の推定式は次式のように書くことができる。

$$q_{lj}^i = \alpha_\theta^i ({}^i w_l)^\beta \cdot ({}_i A_j)^\theta \cdot t_{ij}^{-r_l} \quad \dots\dots\dots (4.4.10)$$

ここで、 β 、 θ 、 r_l はパラメータ

α_0^i は、 $\sum_l \sum_j q_{lj}^i = 1$ とするための調整係数

なお、式(4.4.10)におけるパラメータ推定に関しては、 q_{lj}^i を q_{lj}^l に書きなおすことにより、 l サイクル型連鎖パターン別に、

$$q_{lj}^l = \alpha_l ({}^l w_l)^{\beta_l} ({}_l A_j)^{\theta_l} t_{lj}^{-r_l} \quad \dots\dots\dots (4.4.11)$$

パラメータ β_l 、 θ_l 、 r_l を推計し、得られたパラメータを代入した推計値 \hat{q}_{lj}^i について

$$\sum_l \sum_j \hat{q}_{lj}^i = 1 \quad \dots\dots\dots (4.4.12)$$

を満足する調整係数 α_0^i を求める方法を用いた。

(2) 発生業務トリップチェーン数の推計

ここでは、トリップメーカーの事業所の属するベースゾーン別に発生する業務トリップチェーン数を当該チェーン内ソージャー数別に推計する。そのためにまず、ベースゾーン別業種別発生業務トリップチェーン数を、次式で示される線形回帰式を用いて推計する。

$$m_{N_i} = m_a + m_b m_{E_i} \quad \dots\dots\dots (4.4.13)$$

ここで、 m_{N_i} : 大阪市内 i ゾーン（区レベル）の m 業種発生業務トリップチェーン数

m_{E_i} : 大阪市内 i ゾーン (区レベル) の m 業種経済指標 (従業員数)

m_a, m_b : パラメータ (業種別)

これは、発生業務トリップチェーン数がそれぞれのベースゾーンにおける業種別に見た業務活動水準に規定されるものであることにもとづく。

次に、式 (4.4.13) で得られた業種別発生業務トリップチェーンに対して、従来の研究においても検討されている業種別ソージャー数選択率を乗じることにより、チェーン内ソージャー数別に振り分けることにする。これを式で書くと、

$$TC_i^m(S) = m_{N_i} \cdot P_r^m(S) \quad \dots\dots\dots (4.4.14)$$

$$TC_i(S) = \sum_m^M TC_i^m(S) = \sum_m^M \{ m_{N_i} \cdot P_r^m(S) \} \quad \dots\dots\dots (4.4.15)$$

ここで、 $TC_i^m(S)$: ベ이스ゾーン i 、ソージャー数 S の m 業種発生業務トリップチェーン数

$TC_i(S)$: ベ이스ゾーン i 、ソージャー数 S の総発生業務トリップチェーン数 (業種計)

$P_r^m(S)$: m 業種ソージャー数選択率

$$P_r^m(S) = \alpha^m \cdot (\beta^m)^S \quad \dots\dots\dots (4.4.16)$$

α^m, β^m : パラメータ (業種別)

(3) サイクル・ソージャー数分布量の推計

この第3段階では、第1段階にて推定される先験確率 q_{lj}^i を用いて、重力モデル的エントロピー法にアナロジーさせたサイクル・ソージャー数分布量推計モデルの同定化がなされる。

すなわち、次式で定式化される同時確率最大化問題の解として、サイクル・ソージャー数分布量を推計する。

$$P = \frac{Z^i!}{\prod_{l,j} x_{lj}^i!} \prod_{l,j} (q_{lj}^i)^{x_{lj}^i} \rightarrow \max \quad \dots\dots\dots (4.4.17)$$

sub. to

$$\sum_j x_{lj}^i = Y_l^i \quad \dots\dots\dots (4.4.18)$$

ここで、 x_{lj}^i : ベ이스ゾーン i (ソージャー数 S 個) のトリップチェーンによって、 ℓ サイクル型連鎖パターンで j ゾーンをソージャーゾーンとする回数

q_{lj}^i : ベ이스ゾーン i ソージャー数 S 個のトリップチェーンの先験確率 (将来値)

$$\left(\sum_l^S \sum_j^N q_{lj}^i = 1 \right)$$

Y_l^i : ベ이스ゾーン i , ソージャー数 S 個のトリップチェインで l サイクル型連鎖パターンに生じる発生ソージャー総数 (将来値)

Z^i : ベ이스ゾーン i , ソージャー数の S 個のトリップチェインの総ソージャー数 (将来値)

この問題は、サイクル数 l , ソージャーゾーン j の選択確率 P_{lj}^i ($\sum_j P_{lj}^i = 1$) を導入し、ラグランジェ未定乗数法によって解くことができ、次式で与えられる。

$$P_{lj}^i = \frac{({}_iA_j^*)^{\theta_l} t_{lj}^{*-r_l}}{\sum_j ({}_iA_j^*)^{\theta_l} t_{lj}^{*-r_l}} \quad \dots\dots\dots (4.4.19)$$

$$x_{lj}^i = Z^i \cdot {}^i w_l^* \cdot P_{lj}^i \quad \dots\dots\dots (4.4.20)$$

結局、式 (4.4.20) に示すサイクル・ソージャー分布量が得られる。なお、将来推計において所与とされるのは、先験確率の推定式中の説明要因 (${}^i w_l^*$, ${}_iA_j^*$, t_{ij}^*), Y_l^i そして Z^i である。このうち、 l サイクル型連鎖パターンの発生ソージャー総数 ${}^i Y_l$ は、次式より算定される。

$${}^i Y_l = \sum_m m_Z^i \cdot {}^i w_l^m \quad \dots\dots\dots (4.4.21)$$

ここで、 m_Z^i : ベ이스ゾーン i (ソージャー数 S 個) 発生総ソージャー数 (業種別)

${}^i w_l^m$: ベ이스ゾーン i (ソージャー数 S 個) l サイクル型連鎖パターンの発生ソージャー比率 (業種別)

(4) 業務トリップの発生集中量の推計

需要予測モデルにおける最終の推計段階として、トリップ単位の情報への変換がなされる。すなわち第3段階で得られるサイクル・ソージャー分布量 $x_{lj}^i (= x_{lj}^{(s,i)})$ とベ이스ゾーン別ソージャー数別の各サイクルパターン総発生サイクル数を用いて、次式に代入して発生集中量の推計がなされる。

$$D_j = \sum_S \sum_i \sum_{l=1}^S x_{lj}^i (= x_{lj}^{(s,i)}) \quad \dots\dots\dots (4.4.22)$$

$$H_i = \sum_S \sum_l \{ TC_i(S) \cdot {}^i w_l^* \cdot l \} \quad \dots\dots\dots (4.4.23)$$

$$\begin{cases} U_k = H_k + D_k \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4.4.24)$$

$$\begin{cases} V_{k'} = H_{k'} + D_{k'} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (4.4.25)$$

ここで、 D_j : ソージャーゾーンとしての j ゾーンにおける発(着)エンド数

H_i : ベ이스ゾーンとしての i ゾーンにおける発(着)エンド数

U_k : k ゾーンにおける業務トリップの発生量

$V_{k'}$: k' ゾーンにおける業務トリップの集中量

次に、この定式化の手順に従って具体的なモデルの適用を行う。なお、ここで対象としたデータは、これまでのカートリップチェーンデータとは異なり、昭和55年度京阪神業務P.T.調査データより抽出されたものである。すなわち、これは第3章第3節第2項においてトリップメーカーの属性とトリップ連鎖パターンとの関係を実証的に考察した際に用いた業務トリップチェーンであり、昼間の業務交通を事業所ベースとしたトリップチェーンの形でとらえたものである。その対象圏域は大阪市を域内として8ゾーンに分割し、それ以外の京阪神全域を17ゾーンとし、合計25ゾーンに分割している。(図4-4-1、表4-4-2参照)

以下、推計プロセスの段階ごとに適用結果の紹介と考察を進める。

(1) 先験確率の推定結果¹⁸⁾

本モデルでは、式(4.4.10)のタイプの推定式に関してパラメータ推定を行ったわけであるが、個々のパラメータは、チェーン内ソージャー数別・サイクル数別に得られるのでそれらを表4-4-3に示す。また、ソージャー数別にパラメータ推定の適合度を見るためにそれぞれの相関係数を表4-4-4に、そして図4-4-2には推定された距離抵抗パラメータ値を示す。

i) 表4-4-4より全般的な推計精度は、チェーン内ソージャー数の増加に伴い低下する傾向にあることがわかるが、これは対象データサンプルも極端に小さくなることも原因しているためで実用上の問題といえる。

ii) また、図4-4-2を見てわかるように本モデルで採用した推定式の特徴としては、ベースゾーンとソージャーゾーンとの距離抵抗指標の中でサイクルパターン別のパラメータを導入したことがあげられる。推定結果を見ると、距離パラメータ値が若干のばらつきがあるものの、チェーン内ソージャー数の増加とともに小さくなる傾向にある。これは、例えば1サイクル型連鎖パターンでソージャー数が多くなる場合に、ベースゾーンからそれぞれのソージャーゾーンへ距離抵抗が鈍くなることを意味しており興味深い。一方、サイクル数が増加する場合には、概ね距離パラメータ値は大きくなり、距離抵抗が敏感に作用していることを物語っている。特にサイクル数・ソージャー数がともに4である訪問先直行型複数サイクルパターンでは、最も大きな値をとっているのが目立つ。

iii) その他の相対的アクセシビリティにおけるパラメータ値は、ソージャー数の増加とともに概して小さくなる傾向にあり、その要因としての規定力が薄れる性質をもつと解釈できるかもしれない。

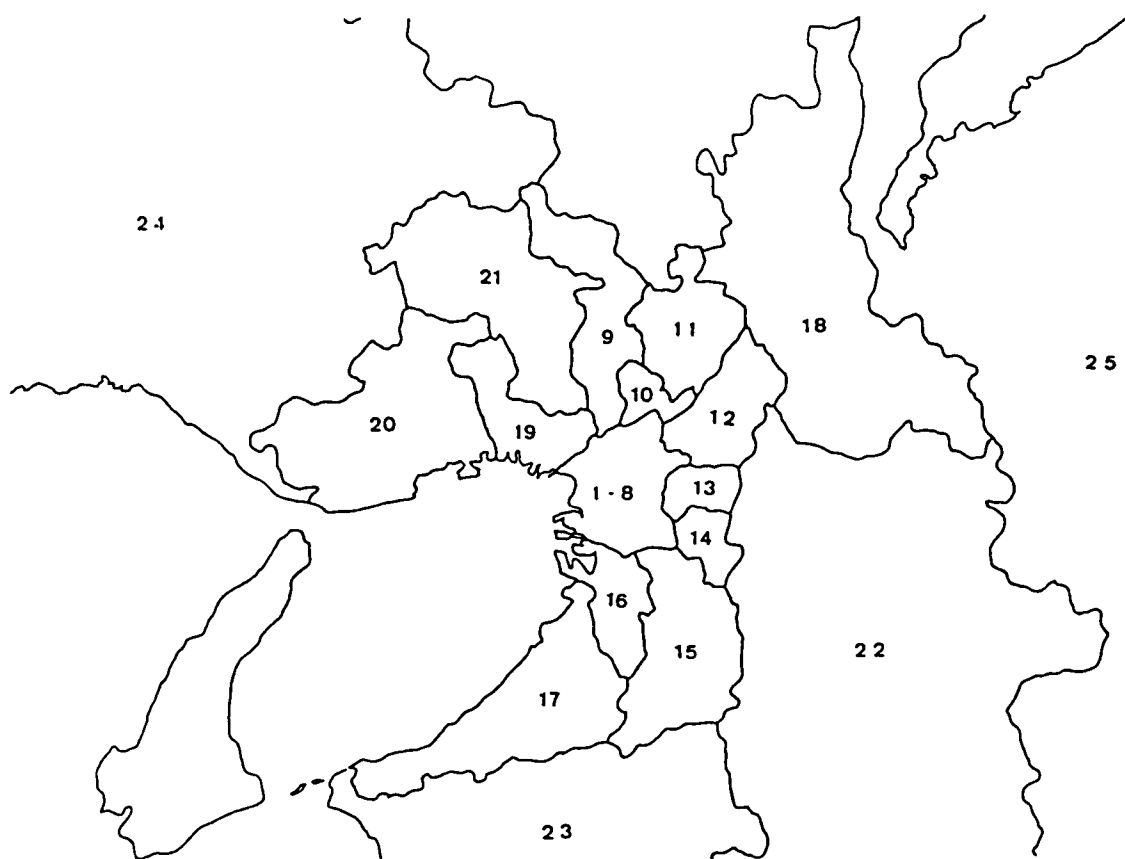


図4-4-1 ゾーン分割図（その2）

表4-4-2 ゾーン対応表

ゾーン	地名	ゾーン	地名
1	大阪市都心3区（北区，東区，南区）	14	八尾市，柏原市
2	大阪市準都心（ 西区 ，天王寺区， 浪速区 ，福島区， 大淀区 ）	15	南河内（松原市 富田林市 河内長野市 他）
3	大阪市西部（大正区，港区，此花区，西淀川区）	16	堺市
4	大阪市北部（淀川区，東淀川区）	17	泉州南部（岸和田市，泉佐野市，他）
5	大阪市東北部（都島区，旭区，城東区，鶴見区）	18	京都市，京都府南部
6	大阪市東部（東成区，生野区）	19	阪神臨海（尼崎市，西宮市，芦屋市）
7	大阪市東南部（東住吉区，平野区）	20	神戸市
8	大阪市南部（ 西成区 阿倍野区 住吉区 住之江区）	21	阪神内陸（伊丹市，宝塚市，他）
9	豊中市，池田市，箕面市，他	22	奈良県
10	吹田市，摂津市	23	和歌山県
11	高槻市，茨木市，他	24	兵庫県以西（ただし，19 20 21 は除く）
12	枚方市，寝屋川市，守口市，他	25	京都府 三重県以東（ただし，18 は除く）
13	東大阪市		

表 4-4-3 先験確率推定のパラメータ

$$\text{先験確率: } q_{lj}^i = \alpha_0^i (w_l)^{\theta_l} (A_j)^{\theta_l} t_{ij}^{-r_l}$$

サイク ル 数	ソージャン 数 パラ メータ	1	2	3	4	5	6	7
1	$\alpha 1$	69.970	27.370	9.095	3.546	12.870	1.633	1.004
	$\beta 1$	—	1.373	0.575	0.248	1.237	1.397	—
	$\theta 1$	0.822	9.757	0.771	0.829	0.549	0.482	0.565
	$r 1$	1.409	1.078	0.887	0.841	1.055	0.495	0.278
2	$\alpha 2$		118.800	8.570	69.090	48.020	2.162	*
	$\beta 2$		0.785	-0.558	0.394	0.610	0.015	
	$\theta 2$		0.517	0.400	0.739	0.344	0.382	
	$r 2$		1.863	1.570	1.570	1.706	0.933	
3	$\alpha 3$			55.670	9.2570	10.650	*	*
	$\beta 3$			0.828	0.858	0.364		
	$\theta 3$			0.801	0.362	0.095		
	$r 3$			1.384	1.086	1.708		
4	$\alpha 4$				118.100	*	*	*
	$\beta 4$				0.822			
	$\theta 4$				-0.173			
	$r 4$				2.359			

注) *印はサンプル数が極端に少なかったため推定しなかった。

\印はその定義より存在しないトリップ連鎖パターン

表 4-4-4 ソージャン数別にみたパラメータ推定の適合度

ソージ ャ ン 数	パラメータ推定に おける相関係数
1	0.8159
2	0.7505
3	0.6791
4	0.7821
5	0.6881
6	0.4046
7	0.3173
合 計	0.6544

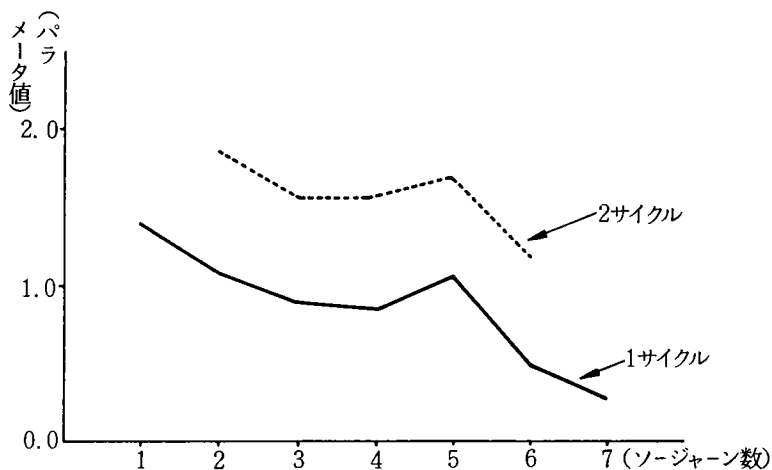


図 4-4-2 各トリップ連鎖パターンにおける距離抵抗パラメータの推定結果

(2) 発生業務トリップチェーン数の
推計結果

まず、大阪市内26区の区レベルにおける従業員数、事業所数、延床面積などの社会経済指標を用いて、各業種の発生業務トリップチェーン数の推計式のパラメータを求めた。その結果を表4-4-5に示すが、これより従業員数を用いたケースの適合度が最も良かったので、このケースでの発生業務トリップチェーンの実績値と計算値をベースゾーン別に求めた。(表4-4-6参照)次に、ソージャー数選択率曲線のパラメータ推定を行い、その結果を表4-4-7、図4-4-3に示す。

i) 業種別発生発生業務トリップチェーンの推計結果は、表4-4-6のよ
うに、製造業での適合度がやや低いも

表4-4-5 大阪市内区別発生トリップチェーンを用いたパラメータ推定結果

説明変数	業 種	a	b	相関係数
事業所数	建 設 業	-439.3	5.5255	0.6422
	製 造 業	1297.2	0.8370	0.4390
	卸 売 業	-1210.7	3.6023	0.9558
	小 売 業	211.7	0.6043	0.8557
	サービス業	-1415.7	1.8677	0.8738
	そ の 他	-1998.3	4.3504	0.7812
	全 業 種	393.1	1.0073	0.5644
従業員数*	建 設 業	950.7	0.1748	0.8429
	製 造 業	-754.7	0.1519	0.8391
	卸 売 業	421.1	0.1928	0.9778
	小 売 業	1307.7	0.0644	0.9042
	サービス業	-593.4	0.1604	0.9291
	そ の 他	584.5	0.1178	0.9778
	全 業 種	220.2	0.1386	0.8778
延床面積	建 設 業	615.6	0.0161	0.6443
	製 造 業	2037.9	0.0003	0.2221
	卸 売 業	-34.3	0.0095	0.9146
	小 売 業	1538.1	0.0022	0.7648
	サービス業	1828.3	-0.0000	0.1619
	そ の 他	754.2	0.0022	0.6141
	全 業 種	943.6	0.0025	0.5089

表4-4-6 ベ이스ゾーン別発生業務トリップチェーン数

業 種 ベ イ ス ゾ ン	建 設 業		製 造 業		卸 売 業		小 売 業		サービス業		そ の 他		全 業 種	
	実績	計算	実績	計算	実績	計算	実績	計算	実績	計算	実績	計算	実績	計算
1	13700	13574	21385	15936	41618	37866	15391	15798	18298	18468	25798	25852	136181	127494
2	13716	10738	14846	11245	24745	23416	12181	10991	10888	12143	9721	9654	88097	78187
3	6393	7330	6820	11665	2366	3344	4925	7129	2340	2138	7475	7245	30409	38851
4	4694	5206	6407	6250	3148	4267	4515	4902	4014	3310	4370	4248	27418	28183
5	5254	6164	7402	9562	4006	4642	7952	7980	4740	3022	5767	5951	35121	37321
6	2748	2881	8968	9219	3047	4010	5697	4312	1484	1400	2510	2977	24454	24799
7	2775	3061	3604	5528	2573	3362	4917	4188	1990	2078	3594	2791	19453	21008
8	6769	7096	5548	5575	4781	5377	8723	9003	3537	4814	8430	6948	35788	38813
合計	56049	56050	74980	74980	86284	86284	64301	64303	47372	47373	85688	85688	394651	394656

の、全体的には良好である。製造業に関しては、それに従事する従業員が業務トリップの生成への関与が少ない製造・加工職が多く、そのために従業員数を説明要因として用いたとしても不十分な点があるものと考えられる。

ii) 業種別ソージャー数選択率式の推定結果は、過去の研究事例と孫色なく、良好な結果を得ている。そして、発生業務トリップチェーンのベースゾーン別・ソージャー数別の推計に関しても、実績値との適合度が高い結果を得ている。

(3) サイクル・ソージャー分布量および業務トリップ発生集中量の推計結果

推計プロセスにおける第3段階以降では、それまでに得られている諸値を用いて、サイクル・ソージャー分布量あるいは最終的なアウトプットとしての業務トリップの発生集中の推計が容易にできる。

その結果、サイクル・ソージャー分布量に関しては、大阪市内8ゾーンにおいて実績値に比較して過小な推計値が得られていることがわかった。これは、大阪市内々の業務トリップより構成されるトリップチェーンによって、大阪市内におけるソージャー数の分布量が大きな割合を占めるのに対し、本モデルにおいてこうした傾向をうまく表現できなかったことによると考えられる。そして、このことはサイクル・ソージャー分布の周辺分布として得られる発生集中量の推計結果（表4-4-8、図4-4-4参照）を見ても、同様のことが示される。

なお、全体の適合度としては、相関係数0.996と非常に良好であり、その点での基本モデルの改良は十分はかられたものといえる。

表4-4-7 ソージャー数選択率曲線のパラメータ

業 種	α	β
建 設 業	1.94504	0.32999
製 造 業	0.88809	0.49932
卸 売 業	0.73377	0.58115
小 売 業	1.08007	0.46960
サービス業	1.20040	0.44821
そ の 他	0.91655	0.52483
全 業 種	1.03095	0.48880

表4-4-8 ゾーン別発生集中量

ゾーン	実績値	推計値
1	381190	325658
2	216929	210403
3	85575	97410
4	68336	64532
5	94134	91703
6	70646	71196
7	57084	51061
8	102279	96044
9	16115	16988
10	18969	14984
11	11185	12849
12	25998	21829
13	23673	22822
14	9033	10944
15	9920	10177
16	18680	18719
17	7697	10564
18	11352	14734
19	18738	20819
20	14092	14678
21	6574	8921
22	9902	10538
23	2115	2830
24	2990	7320
25	5647	3649
合 計	1288853	1231372
相関係数	0.99642	

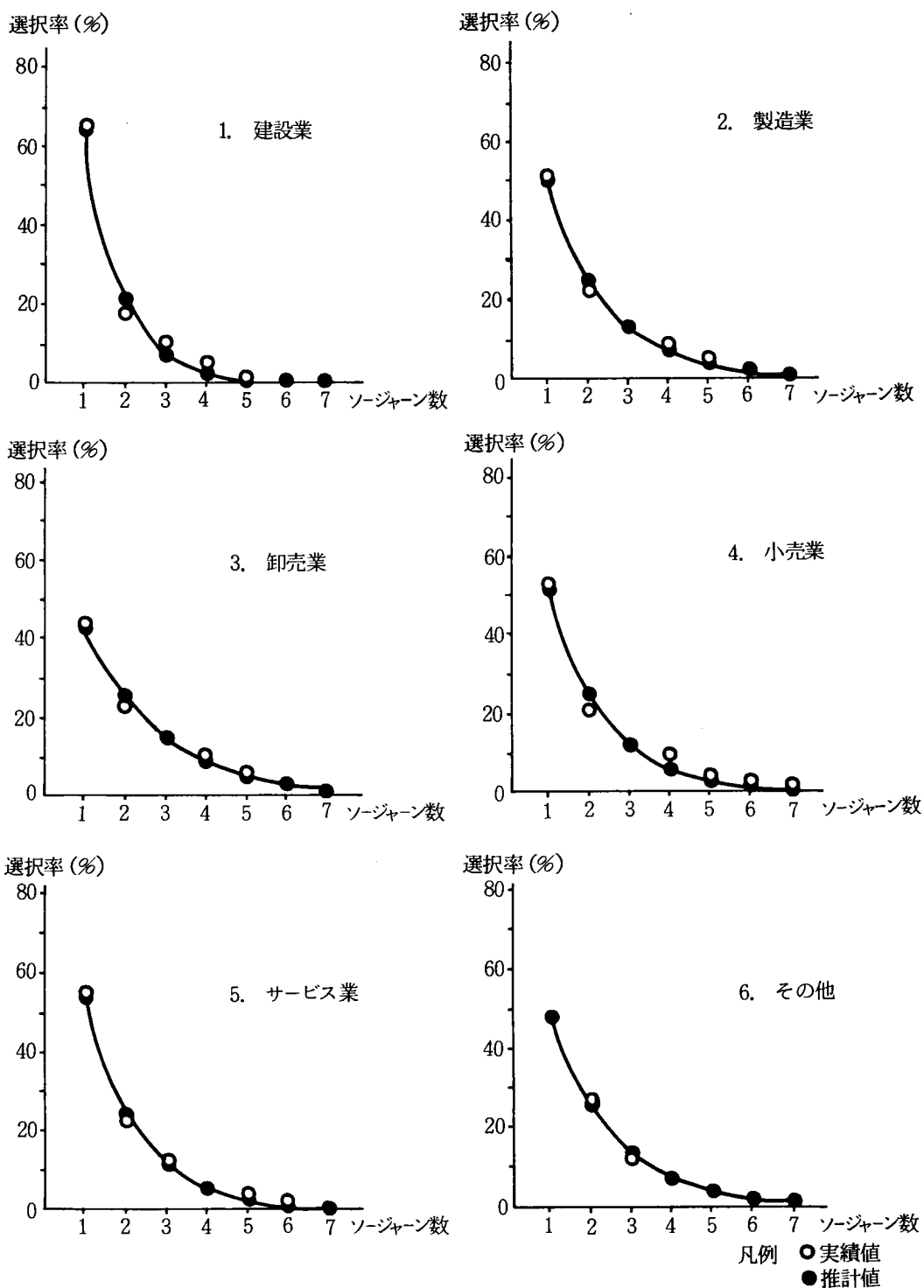


図4-4-3 業種別ソージャン数選択率

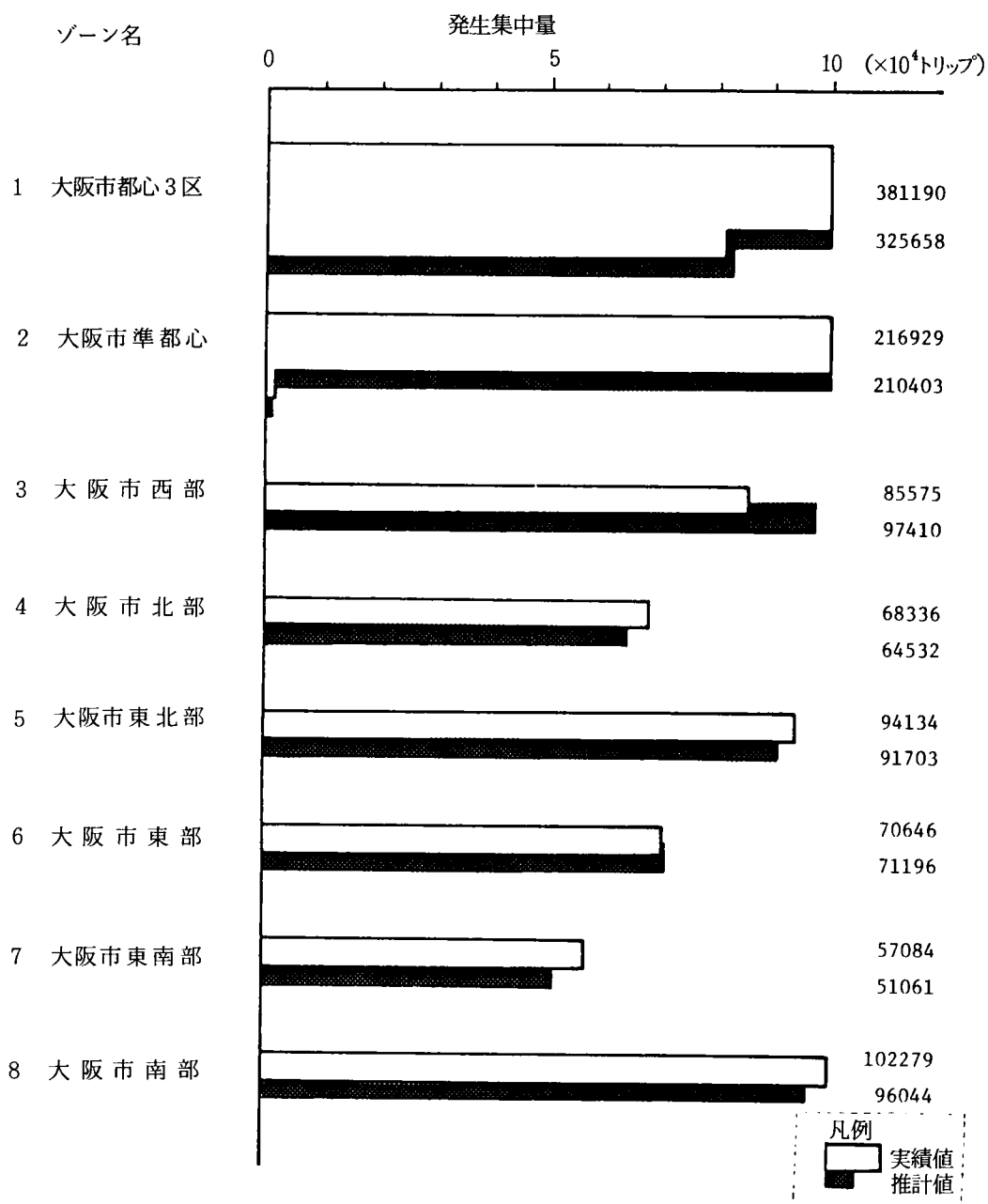


図4-4-4 発生集中量の実績値と推計値との比較 (大阪市内8ゾーン)

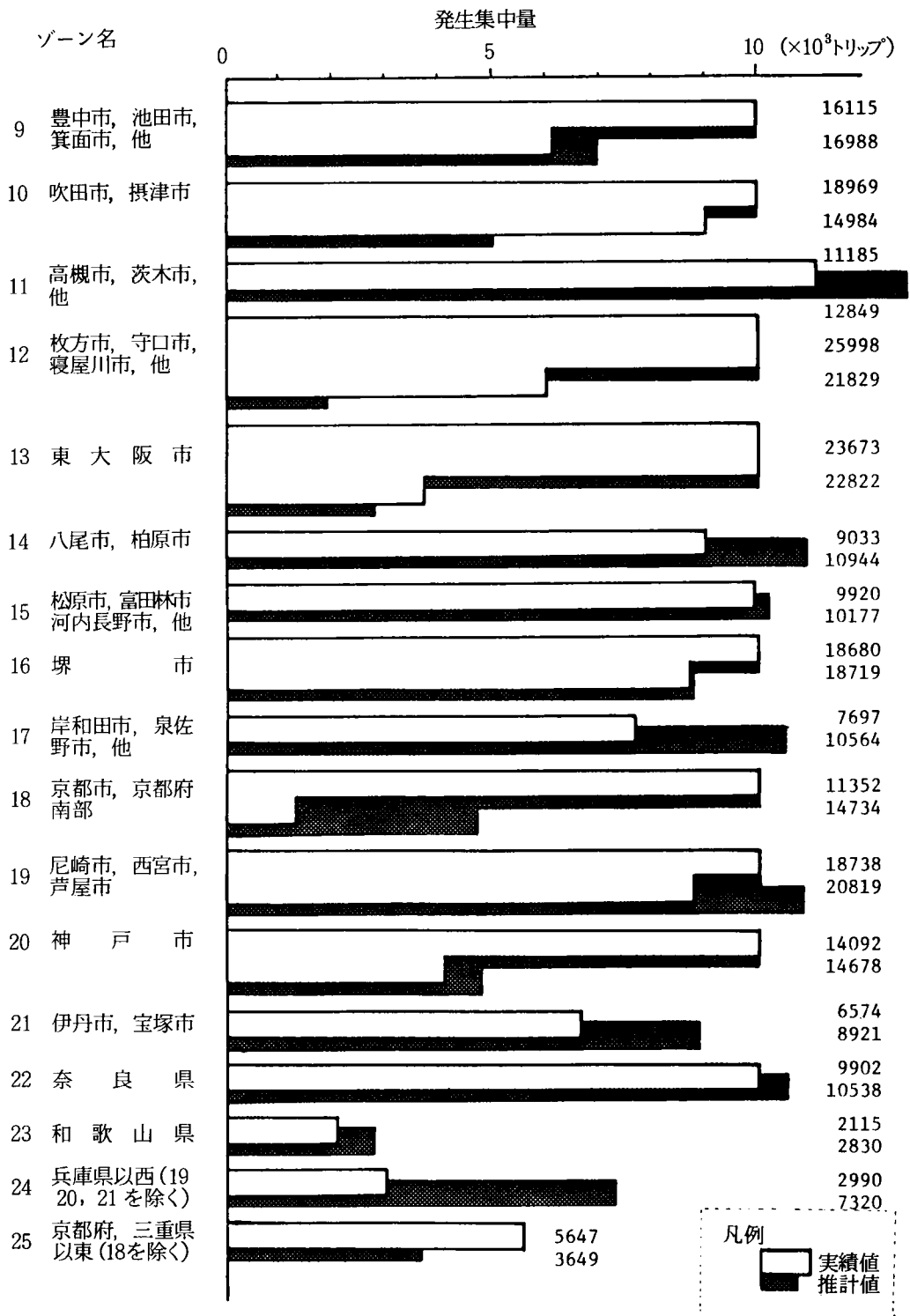


図 4-4-4 (その 2) 発生集中量の実績値と推計値との比較(大阪市内17ゾーン)

4-5 結 語

本章においては、交通需要分析の中で大きな検討課題である発生集中量およびOD分布量に関して、トリップチェーンモデルの構築とその適用を通じた諸考察が行われてきた。そこでは、第2章において明らかにされた、交通需要分析におけるトリップチェーンアプローチの有効性のうち、以下の3点が議論の対象となっていた。

- ① 交通需要の派生的性質
- ② 交通における1日完結性とトリップ連鎖パターン
- ③ トリップの連鎖性

すなわち、①の観点は、本章の分析対象データが業務トリップチェーンという、都市内業務活動の派生需要としての人や車の動きを取上げ、そのモデル化を目的とすることからも強く意図されているといえる。そして、具体的にはモデル構築の中では、こうした性質はベイスとソージャーとの結びつきの強さを表現すること、さらにトリップメーカーの属性を十分反映させることによって明示的に取扱ってきた。また、②の観点は、第3章において詳述されたトリップ連鎖パターンの実態分析結果を踏まえ、特にチェーン内ソージャー数の選択に着目することを意味し、それは本モデルの大きな特徴点の一つである。そして、ここで重要なこととしてチェーン内ソージャー数は、単にトリップ連鎖パターンの類型化の視点としての意味だけでなく、それは交通現象の中での発生集中に直接かかわってくるため、その記述自体が交通需要分析の目的にかなうことになることである。なお、③の観点は、むしろ従来のトリップチェーンモデル、とりわけ、マルコフ連鎖モデルにおいてより強調されていたものである。すなわち、従来の方法ではトリップの連鎖をトリップ間の目的遷移、ゾーン間遷移、モード遷移といった一連の状態の遷移としてとらえようとしていたが、本章の分析対象が業務トリップチェーンデータに限定していることにより、これらの状態遷移を規定する要因のうちトリップ目的およびモードに関しては一応除外して考えられるため、結局今回はゾーン間遷移をどのように考慮していくかが問題となっていた。そして、OD分布量推計への拡張を考えると、このトリップの連鎖性は最短巡回経路へのスケジューリングという行動原理を導入することで、その対処がはかられることになったのである。

本章での概略的な進め方は、ソージャー数に着目した発生集中量推計モデルを基本モデルとして位置づけることにより、そのOD分布量への拡張およびより洗練化させるための改良であるが、それぞれの研究成果と今後の課題として明らかになった点を要約すれば次のようになる。

まず、基本モデルでは、業務トリップチェーンにおけるソージャー数の選択とトリップメーカーの属性としての業種特性に関する実証的な分析より、ソージャー数選択率が各業種の用務内容に規定される立ち回りの多寡を反映した形でソージャー数の増加とともに通減する性質をもつことがわかった。また、このソージャー数選択率の決定に関しては、車の運行パターンに関するいくつかの仮定を設け

ることにより、理論的にも指数型の曲線に従うことが示され、かつその諸仮定についても現実のデータをもとに実証的考察がなされた。そして、こうした性質を内包化した発生集中量推計モデルの構築とその適用が試みられたが、この中ではとくに業務活動の活動拠点としてのベースとソージャーとの結びつきの強さを相対的アクセシビリティの概念を用いて表現したことが大きな特徴といえる。その結果、基本モデルの現況再現性は良好であり、また比較的簡潔なモデル構造でありながら、都市内業務活動に深く関係する事業所と各訪問先との関係あるいは業務内容の差異が生じる立ち回り型の交通行動の諸性質を表現できることがわかった。

次に、この基本モデルをOD分布量推計モデルへ拡張するため、トリップチェーンの生成におけるスケジューリングに関する性質を考慮した諸検討がなされた。その際、まず実際のトリップチェーンデータを用い、最短巡回経路上での立ち回りを行う割合を調べることで、このアプローチの妥当性を検証した。その結果、チェーン内ソージャー数の増加とともに、最短巡回経路上の所要時間と一致しない割合が増加するものの、そのずれの程度はそれほど大きくないことがわかった。次いで最短巡回問題へ帰着したOD分布量推計モデルが提案され、具体的な適用も試みられたが、そこでは、チェーン内に含まれるソージャーの組合せをどのように決定するかが問題となり、ベースと各ソージャーとの関係を用いてある組合せのもつ魅力値を算定することにより組合せ決定のモデル化が検討された。その結果、モデルのもつ現況再現性は良好であることがわかったが、次の2つの点に関しては今後の課題として残る。その1つは、ソージャーの組合せ決定のモデル化において、ベースとソージャーとの関係（結びつきの強さ）だけでなく、それ以外のソージャー間の結びつきを内包化させる必要があることである。この問題は、トリップチェーンの生成を本来ベースとソージャー、あるいはソージャー間という相互に影響を及ぼすものとしてとらえていくべきであるという考え方からすれば、当然解決されなければならないものといえる。なお、ソージャー間の関係については、Kitamura(1984)¹⁹⁾によって開発された目的地選択モデルにおいて future-dependencyの性質として議論されており、こうした考え方もこの問題の解釈の糸口を与えるものと考えられる。

もう1つの問題は、最短巡回の仮定の緩和あるいは、それが崩れる可能性をモデルの中でどのように表現できるかについてである。ここで取上げた最短巡回の仮定は、トリップチェーンの行動論的記述のために考えられたものであるが、その実証的分析をより詳細に行うことによって、トリップチェーンの生成機構の中でのスケジューリングに帰着できる面とそれが崩される面の両者の関係を明らかにする必要がある。またこのとき、ソージャーの組合せとその巡回順路が段階的なものと考えてよいのか、あるいは同時的なのか、それとも逐次決定的なものに関しても言及していかなければならないであろう。

最後に検討された基本モデルの改良は、基本モデルではトリップ連鎖パターンに関してソージャー数にだけ着目していたことに対し、ソージャー数とその各々のソージャーのゾーン分布およびサイ

クル数といったトリップ連鎖パターンを規定する種々のファクターを考慮することにより、より洗練化したものに高めようとするために行われたものである。改良モデルでは、サイクル・ソージャー分布に着目すれば、その周辺分布としてソージャーのゾーン分布を知ることができることが大きな特徴点であり、その点で基本モデルにおけるソージャー数の各ソージャーゾーンへの配分方法を一般化したものといえる。すなわち、このモデルにおいて、もしサイクル数を問わずベースとソージャーゾーンとの相対的アクセシビリティによってのみソージャーのゾーン分布が決められるとすれば、それは基本モデルと一致する。そして本モデルの適用は、カートリップチェーンでなくパーソントリップチェーンに対してなされたわけであるが、こうしたトリップ連鎖パターンにもとづくアプローチが人や車の両者についても有効であることがわかり、交通需要分析上の意義は大きいと考えられる。なお、今後の課題としては、やはりベースとソージャーとの関係が中心的であったとしてもソージャー間相互の影響の程度を如何にモデルへ内包するかであろう。さらに、OD分布量推計への拡張も検討課題といえらるとともに、本モデルが単に発生集中量の推計だけでなくトリップチェーンの諸性質がどのような形で発生集中量の変化を促すかを議論するときのツールとしての役割を持たせるべきであり、それら分析フレーム自身の拡張も併せて考えるべきであろう。

第4章 参考文献

- 1) 佐佐木綱(1974) : 「都市交通計画」, 国民科学社
- 2) 佐佐木綱・西井和夫・山崎総一(1980) : “訪問先に着目した都市内業務交通の発生集中量の推計”, 第35回 JSCE 年次学術講演会概要集(第IV部門), pp. 75 ~ 76
- 3) 佐佐木綱・西井和夫(1982) : “トリップチェイン手法を用いた都市内業務交通の発生集中量の分析”, 土木学会論文報告集, No.327, pp. 129 ~ 138
- 4) T. Sasaki & K. Nishii(1983) : “Estimation of Business Car Trip Generation by A Trip Chaining Model,” The Proceedings of World Conference on Transport Research, in Hamburg, pp. 376-390
- 5) 山崎総一(1980) : “トリップチェイン手法を用いた都市内業務交通需要予測に関する研究”
京都大学修士論文
- 6) 前掲3)
- 7) 近藤勝直(1977) : “トリップチェイン手法を用いた都市交通需要推計プロセス”,
京都大学学位論文, 第3章 pp. 80 ~ 92
- 8) 宇田将司(1981) : “最短巡回問題としてとらえた都市内業務交通のOD分布量推計”,
京都大学修士論文
- 9) 佐佐木綱・西井和夫・宇田将司(1981) : “最短巡回問題に帰着した都市内業務交通のOD分布量推計モデル”, 第36回 JSCE 年次学術講演会概要集(第IV部門), pp. 381 ~ 382
- 10) 茨木俊秀(1979) : 「組合せ最適化の理論」, 社団法人 電気通信学会
- 11) 渡辺浩・青沼竜雄(1974) : 「数理計画法」, 第4章ネットワークフローの問題,
pp. 104 ~ 143
- 12) 前掲8)
- 13) 前掲9)
- 14) 西井和夫・井上敬三(1984) : “トリップ連鎖パターンを考慮した都市内業務交通需要分析”
昭和59年度 JSCE 関西支部年次学術講演会概要集, IV-37-1 ~ IV-37-2
- 15) 井上敬三(1984) : “トリップ連鎖パターンにもとづく都市内業務交通需要分析”
京都大学修士論文
- 16) 前掲1) 第7章OD分布交通量
- 17) 前掲7) 第2章 pp. 38 ~ 64

- 18) 前掲 15)
- 19) Kitamura, R (1984) : "Incorporating Trip Chaining into Analysis of Destination Choice", Transpn. Res. Vol. 18B No.1, pp. 67 ~ 81
- 20) 佐佐木綱・西井和夫・井上敬三(1984) : "トリップ連鎖パターンを考慮した業務交通需要予測モデル", 第39回JSC E 年次学術講演会概要集(第IV部門) pp.283 - 284

第5章 交通手段選択プロセスに関するトリップチェーンモデル

5-1 概 説

都市交通計画の分野における交通需要分析手法としてホームインタビュー調査にもとづくパーソントリップ手法の開発・体系化がなされるに至り、それはそれまでの個別輸送機関ごとの需要予測方法に代り、都市圏の総合交通体系の確立に向けた基本的な計画情報の提供を担う重要な役割を演じている。このパーソントリップ手法の特徴の一つは、人間を単位とし人の1日の動きの中で交通現象をとらえようとする点であり、これは、この手法の第1段階として圏域全体における交通生成量を推計する際にも、トリップ生成原単位を用いてあらかじめ総交通量を把握しておくことにも反映されている。すなわち、従来の方法のようにゾーンごとのトリップ発生とそのゾーンの社会経済指標とを直接関係づけるトリップ発生法では、当該ゾーンの社会経済条件の変化に大きく依存した推計をなすきらいがあるのに対して、トリップ生成法によれば、圏域全体として将来の産業構造・就業構造あるいは職業構成の変化、週休の増加、生活時間配分の変化などのマクロな社会・経済要因を考慮することができるからである。また、パーソントリップの本質的な意味から言っても、人がある目的をもって行動するときに1日のtime-budgetのもとでその日の総トリップ数あるいは1日完結型トリップチェーンの生成が前提となると考えられ、トータルコントロール値として総トリップ数を求めておくことの意義は非常に大きいといえる。

そして、特徴点のもう一つとしては、交通機関選択プロセスの導入がはかられることにより、総合的な交通体系ならびにネットワークの形成についての検討が可能となったことがあげられる。すなわち、交通機関選択プロセスは、パーソントリップ手法が別名5段階推計法と呼ばれるように各推計ステップのどの段階で交通機関別の情報が必要かによって、次の4つのモデルに大別されている。¹⁾

- ① 全域モデル
- ② トリップエンドモデル
- ③ トリップインターチェンジモデル
- ④ 経路モデル

①の全域モデルとは、トリップ生成の段階で分担を行わせようというものであり、都市全体での議論としてモーダルスプリット問題を取扱うときに有効である。また、②のトリップエンドモデルは、Pre-distribution model であり、トリップOD分布量の推計に先立ち、発生集中段階で分担させようとする方法である。このモデルでは、ゾーンペアごとの交通機関相互の関係を明示的に表現することはできないものの、トリップエンドにおけるゾーン特性あるいはトリップメーカーのもつ個人属性や各種の制約などを織り込むことができる特徴を有する。そして③のトリップインターチェンジモデルは、Post-

distribution model として分布交通量を推計した後にゾーンペアごとに分担を行わせしめる方法であり、特に当該ゾーンペアに存在する交通機関相互の競合状態によって分担率が決定されるものと仮定している。このモデルでは、ゾーンペアごとに各種の交通政策効果やサービス水準改善策の影響を計量的に知ることにより、圏域での交通機関相互のバランスを議論することができる。したがって、これら3つのタイプのモデルは、段階的推計プロセスとの関連で類型化されたものであるが、その適用にあたってそれぞれのケース・スタディの目的に対応させ選ぶべきものである。従来の研究例においては、都市全体での議論(都市間比較、都市規模に関連するもの)には全域モデルを、トリップエンドにおける決定要因の比重の高い場合(例えば、トリップメーカーの個人属性・制約)にはトリップエンドモデルを、そして都市間トリップなどの代替交通機関との比較という観点が選択構造を主に規定している場合には、トリップインターチェンジモデルを採用することがそれぞれ有効であると理解されている。そして④の経路モデルは、機関分担を経路分担として拡張したもので、これは、交通機関の選択と経路選択としての配分手法を同時的に行うものと位置づけられる。

このような交通機関選択モデルの分類ならびに交通需要分析上の位置づけというものは、従来より開発・改良が進められてきた段階的推計法 (Sequential forecasting method)の枠組を前提としたものであり、そこには暗黙的に次のような諸条件が仮定されていると考えられる。

すなわち、手段選択において、まず交通機関そのもののとらえ方としては、代表交通手段 (dominant mode)という概念で規定されるものとしており、当該トリップがいくつかのジャーニー手段から成るものであってもその中の代表的な手段を選定している。そして段階的推計法全体が意図していることであるが、何らかのゾーニングを前提としてゾーン間流動の形での個々のトリップを単位とした交通現象を眺めていこうとする考え方にもとづいている。

したがって、当然のこととして、従来の段階的推計法の中でのモーダル・スプリットモデルによって対応が難しい局面が生じたり、それらモデルによる的確な政策評価ができない場合には、これらの前提条件のいくつかを緩めることにより、新たなモデル開発を試みることも必要となる。そこにモーダル・スプリットモデルの別個の視点に立った分類が可能となるわけであり、近藤(1982)²⁾により指摘された以下の分類もその一例として重要な意味をもつと考えられる。

- { モード選択モデル
- { 機能選択モデル (abstract model)
- { 代表交通手段選択モデル
- { Mixed mode モデル (mixed modal split model)
- { 集計モデル
- { 非集計モデル (disaggregate choice model)

- { 単一トリップモデル
- トリップチェインモデル (trip-chaining model)

これらの4種類の分類における前者ばかりの組合せが従来のmodal-split modelのタイプであり、逆にそれぞれの分類法での後者に属するものが、交通需要分析の最近の展開の中で多く見られるようになってきている。

本章における主要なテーマは、こうした交通手段選択モデルの歴史的背景を踏まえ、トリップチェイン的アプローチからの交通手段選択モデルの開発およびその適用例を通じた諸検討である。したがってここで提案されるモデルは、上記の重要な分類例のうち最後のtrip-chaining modelにカテゴライズされるものであるが、本研究全体が交通需要分析を念頭に置くものであり最終的にはトリップ単位への変換可能な推計を目指している点が大きな特徴といえる。そこで、まず第2節で従来の数多くのモダール・スプリット研究の中での主要な流れをふり返ると同時に、とくに上述の分類例にあげられている従来型でない方のタイプに属する諸モデルの再考を行っておきたい。これは、単に従来型のアンチテーゼとしての意味だけでなく、それぞれのアプローチのもつ有効性と問題点を明確に整理しておく必要性を感じるからである。そして第3節では、交通手段選択に関する実態分析をトリップチェイン的アプローチから行うことにし、具体的には、手段選択要因分析ならびに業務トリップチェインの自動車利用特性に関する実証的分析を紹介する。第4節においては、第3節の実態分析を踏まえ自動車利用者数推計のためのトリップチェインモデルの構築とその適用を試み、そして最後に本研究における大きな着眼点であるトリップ連鎖パターンによって、トリップチェイン内の手段選択構造の解明がどの程度可能であるかを議論する。

5-2 交通手段選択モデルの整理と再考

5-2-1 従来の諸研究の整理

前節で述べたように、交通手段の選択に関する諸研究のうちでパーソントリップ手法の開発とその適用とともに進められてきたタイプのものは、現在においてはほぼ完成の域に達しており、通常のわが国のP.T調査における実用的手法として広く用いられている。ここでその経緯を簡単にふり返ってみると、それはわが国ではじめてP.T調査が実施された1960年代後半にさかのぼることができる。すなわち、それまで米国の諸都市において実施された交通調査は、1955年Chicago以来1963年ウイスコンシン州ミルウォーキーまで9カ所に及びほぼそのマニュアル化がなされ、それらが昭和42年度の広島都郡圏P.T調査の実施の際に導入されたわけである。またそこでは、トリップエンドモデルとトリップインターチェンジモデルのそれぞれの適用例の紹介が、山川・小浪・大志万(1970)、あるいは広島都市交通研究会HATS Technical Report(1970)によって紹介されている。^{3), 4), 5)}

そこでのモデルの考え方としては、トリップエンドモデルの場合にはCBD とそれ以外を区別して自動車保有率やCBDにおけるマストラ利用率、あるいはアクセシビリティ比によって分担関係を求めている方法が採用され、また、トリップインターチェンジモデルの場合には、自動車利用としてマストラ利用に関する所要時間比、コスト比、サービス比といった諸要因を用いて、トリップ目的別自動車保有・非保有別にマストラ利用率との関係を明らかにする方法が用いられている。これらは、Overgaard (1966)⁶⁾の文献紹介を通じてその後のP.T調査内容にも大きな影響を与えたといえる。そして、これらの経験を踏まえた形で1970年代に入ると、いわゆる段階的推計プロセスの体系化が進められ、Hutchinson(1974)⁷⁾、佐佐木(1974)⁸⁾などの専門書が登場してきたのである。そしてこのような1960年代から1970年代前半にかけてのパーソントリップ法の展開の中であって、その他のわが国のモーダル・スプリット研究としては、多様なアプローチが見られ、それらを網羅的に説明することはできないが、多変量解析手法を用いた手段選択要因分析(赤松・川井・福山(1971)⁹⁾、森田(1973)¹⁰⁾)あるいは重回帰式モデルや経路選択の構造モデルの同定化に関する研究(天野(1967)¹¹⁾、足立(1969)¹²⁾、河上(1970)¹³⁾)そして効用理論的アプローチ(坂下(1962)¹⁴⁾、小林・青木・谷(1973)¹⁵⁾)などが代表的なものといえることができる。

しかしながら、広島(1967)、東京都市圏(1968)、京阪神都市圏(1970)と各地のP.T調査が実施され、実際の交通計画の中で諸検討がなされ、さらに、短期の交通計画や自動車抑制・交通サービス改善といった交通管理政策のウェイトが高まるにつれて、従来の方法でうまく対応できない面も明らかになってきた。こうした背景のもとに1970年代後半以降は、前項にあげた従来の分類の中でminorであった機能選択モデル、Mixed mode モデル、非集計モデル、トリップチェーンモデルなどが台頭してきたわけで、モーダルスプリット研究はより広範なアプローチが混在する状況に至ったと理解できる。この中で機能選択モデル(abstract mode model)は、もともとQuandt & Baumol(1966)¹⁶⁾によって開発されたもので、基準となる要因を定めて代替交通機関との要因差によって選択を決定するために、新交通システムなど現存しないモードの導入にも対応できる特徴を有する。また、Mixed mode モデルは、従来の代表交通手段の扱いではトリップ端末における交通サービスの重要性が過小評価されるという欠点を補うものとして、欧米においても開発されてきたものであり、わが国では、近藤・宮崎(1975)¹⁷⁾などが先駆的な研究を行っている。また、これに関連して端末手段としての自転車利用の駅勢圏モデル(高岸(1977)¹⁸⁾)など)も検討されている。非集計モデルはゾーンを単位としたこれまでの方法が個人の交通の意志決定に関する説明が欠落していたことへの反省として、かつより短期的交通政策の評価モデルとして確率効用理論のもとで導出されたものである。なおこの非集計モデルについては、最近わが国において急速に議論される機会が増していることもあり、また従来の集計モデルとの比較の意味からも、後に詳しくそのモデルの発展過程および問題点を議論していくことにする。そしてトリップチェーンモデ

ルは、従来の研究においてはマルコフ連鎖モデルを意味するわけであり、それは、1日の人の動きをシステマティックに追跡・記述するものとして開発が進められ、次いでモーダル・スプリット問題への拡張がはかられたものである。本章で後述するモデルは、このようなマルコフ的アプローチとはモデル構築における視点の差異が若干あるものの、トリップチェーン的アプローチによって手段選択を表現するときの有効性あるいは問題点などを理解しておく必要はあろう。そこで、このトリップチェーンモデルの中のマルコフ連鎖モデルについても後項にてあらためて詳述していきたい。

最近の交通需要分析におけるモーダル・スプリット研究は、上述の歴史的展開のもとで、多種多様なアプローチからの分析・モデル構築がなされているが、その中で重要な論点は以下の諸点といえよう。

- ① 手段選択メカニズムの解明とそのモデルへの内包化
- ② 非集計モデルの適用性の吟味
- ③ モデルの同定化に関する理論的検討
- ④ モデルの簡略化および政策評価モデルとしての洗練化

この他、手段選択モデルのパラメータ推定方法、データ抽出方法など関連する多くの課題があるものと考えられるが、少なくとも上記4つの論点は交通需要分析の体系化の中でも大きな柱となり得ると判断できる。①の手段選択メカニズムの解明については、モーダル・スプリット問題の基本的命題ともいえ、本研究の立場としてトリップチェーン的アプローチからの問題解決の重要性を強調しておきたい。それは第2章で触れたこのアプローチの有効性および交通需要分析に要請されている諸点との関連から言っても当然の帰結といえるかもしれない。②の非集計モデルに関する議論であるが、その適用性や問題点（限界）は後述されるが、結論的に言えばその批判的検討の必要性を問う時期にきているのではないかと考えられる。③のモデルの理論的検討とは、手段選択モデルの同定化を画一的に規定しておきたいというのではなく、モデル自身のもつ前提条件（仮定）と同定との間に潜む性質を明らかにすることによって、それが①の手段選択メカニズムにどのようにかかわっているのかを議論することを意味する。そして④のモデルの簡略化および洗練化は、交通計画および交通政策といった実用に供するモデルの開発が重要視されなければならない、そのための実証的分析と併せて検討されるべきであろう。なお、これらの諸点は、次項以降において非集計モデルおよびトリップチェーンモデルのそれぞれの側面から考察していくことにするが、ここではそれらに先立ち、③の論点に関するもので最近のこの分野における新しい展開を紹介したい。すなわち、宇野(1983)¹⁹⁾、(1984)²⁰⁾による経路選択モデルの一般式導出に関する一連の研究である。

まず従来の経路選択モデルについて概観すると、そこではあらかじめOD分布量や対象とする経路が所与のもとで当該ルート の分担率を得ようと考えており、とくに既存のモーダルスプリットモデルの拡張などが試みられていた。その中でWarner(1962)²¹⁾の判別法にもとづく確率モデルは、本来2種類の

交通機関に関して開発されたものであるが、経路選択モデルの先駆けともいえるものである。河上²²⁾ (1970)は、経路数が3つ以上になってもモデルが具備すべき条件を満たす関数形の導出を検討し、同じ時期に Theil(1969)²³⁾も Warnerの方法からくる Linear-Logit Modelに対し、各代替案の確率比 P_i/P_j に着目することによって3つ以上の代替案間の選択モデルへの拡張をはかっている。なおこの際、モデルの本来具備すべき条件とは以下のとおりである。

i) 代替案 i の選択確率 P_i に関して

$$0 \leq P_i \leq 1 \quad (i = 1, \dots, m, \text{ } m \text{ は代替案の数})$$

$$\sum_{i=1}^m P_i = 1$$

ii) 代替案間の比較を行う際に取り出す2つの代替案は任意に選ぶことができ、そのことによって結果が変わるものでない。

例えば, $\left(\frac{P_i}{P_j}\right) \cdot \left(\frac{P_j}{P_i}\right) = 1$ (対称律)

$$\left(\frac{P_i}{P_k}\right) \cdot \left(\frac{P_k}{P_j}\right) = \left(\frac{P_i}{P_j}\right) \quad (\text{推移律})$$

また、天野(1967)²⁴⁾は、鉄道路線間の経路別分担率(シェア)を求める交通シェアモデルを開発している。これは、それまでの転換率曲線で表わされる経路分担が自動車交通を対象としていたため所要時間や運賃などの限られた要因からなり、かつ経路数も2本であったのに対し、3つ以上の経路選択を可能にし、かつ多くの選択要因を組み込むことのできる重回帰モデルである。またこのモデルの特徴は、各説明要因の値がどの代替案についても等しいときに、その経路分担率が $1/N$ (N : 経路数) に一致するという条件を導入している点であるが、重回帰式の形式である以上、上述の具備すべき条件が満たされる保証はない。そして他のタイプの経路選択モデルとしては、佐佐木・今坂(1969)²⁵⁾によるエントロピーモデルがある。これは、従来のOD分布量推計手法のエントロピー法を用いて、各経路の交通施設容量条件を満足する形で経路選択の同時確率最大化することで、ルート別分担率を推計しようというものであるが、ODペアの数やルート数が多くなるときの求解が複雑になるなどの問題点をもつ。

これらのモデル開発の展開より、経路選択モデルでは本来具備すべき条件に着目した同定化が重要視されていることがよくわかると思うが、宇野(1983)は、競合する2ルート間の分担率比に関する関数形の一般式をこれらの諸条件から関数方程式論を用いて導出している。また、その諸条件に適当な条件を付加することによって、従来のいくつかのタイプの選択モデルの形式をも導出できるというきわめて一般性の高い性質を有するモデルであることを示している。さらに、宇野(1984)によるルート特性値の

直列合成・並列合成に関する理論的考察はモデルのもつ数学的性質を明らかにするとともに、こうした考え方は、選択問題のモデル化における段階型アプローチの可能性を示唆するものであることを明らかにしている。なお、宇野モデルの具体的な適用例を通じた検討および若干の理論的考察等については、佐佐木・西井・樋口(1983)²⁶⁾、佐佐木・西井(1984)²⁷⁾、佐佐木・西井・池田(1984)²⁸⁾ などにおいて詳述されている。

ここでは、従来の手段選択モデルの回顧を交通需要分析の歴史的経緯のもとで行ってきたわけであるが、最近におけるモーダル・スプリット研究の中で解決が急がれる課題をさらに細かく眺めていくことによっても、こうした整理の視点の他に重要なものが出てくる可能性があるものと考えられる。例えば手段選択構造の中での制約に関する問題あるいは、交通手段選択の局面だけでなく目的地選択などの他の意志決定機構との連動の問題などである。それらに関しては、現在検討中のものも含め、今後のモーダル・スプリット研究の推移を慎重にみていく必要があろう。

5-2-2 非集計モデル再考

近年、交通需要分析の分野において、“非集計モデル”という言葉がしばしば用いられ、わが国でもその考え方や適用についてのいくつかの論文や報告例が見られるが、従来の需要推計モデル(集計モデルと呼ばれるに至っている)と比較して、どのような利害得失があるものかについては十分整理された議論がなされているとは言えない。そこで本項では、その基本的な考え方を整理し最近までのこの分野における諸研究の展開を紹介するとともに、非集計モデルの交通需要分析上の位置づけを明らかにしておきたい。

(1) モデルの基本的な考え方

本来“非集計的”とは aggregate(集計的) に対する disaggregate の訳であり、これは、このモデルが個人の選択行動の記述を目的として個人を単位としたモデル(individual choice model または individual behavioural model) であることによる。このモデルの具体的な紹介を行う前に、その前提となっている考え方を整理しておこう。すなわち、

① ここでは、個人が交通行動における意志決定の単位であり、個人はある選択状況の中から最も望ましい選択枝を選択するという合理的選択行動をとるものとみなされている。

② このとき、ある選択枝のもつ「望ましさ」あるいは「効用(Utility)」は、当該選択枝のもつ特性とその個人の属性によって表わされるが、観察者にとってはその選択枝のもつ特性のある部分は評価することができず、その個人の下す効用との結びつきが特定化できない。したがって、観測しうるかぎりでの個人属性や各選択枝の特性が同質とみなせる集団(homogeneous segmented group)においても、効用最大化の結果としての選択でさえも、観測されない個人属性や諸特性のために常に同一の選択に決められるものでなく、当該選択枝が選択される確率の形で表現できるとしている。すなわち、これが確率

効用理論 (Random Utility theory)と呼ばれるもので、相互に排除的代替的選択の組に直面した個々の意志決定者はその中で最も高い確率効用を示す選択肢を選ぶと仮定しているのである。

③ ①に関連するが、非集計モデルの大きな視点として、“個人”の交通行動におけるさまざまな選択の局面で、個々人の置かれている固有の属性(特に個人属性)が支配的であるということがあげられる。それは、社会全体の中での交通現象を巨視的にとらえることから何らかの社会的法則性を見出そうとする方法論とは異なり、その社会を構成する各メンバーにとっての行動原理を探ろうとする微視的な接近法の立場をとるものといえる。

さて、これらの前提のもとで確率効用理論にもとづく非集計モデルの数学的記述について簡単に述べることにする。まず、この分野での先駆的研究者であるMcFadden(1974)²⁹⁾は、個人のモード選択において効用最大化問題にもっともらしい(plausible)仮説を設けることによって二項(および多項)ロジットモデルを導出している。すなわち、個人 n のモード i に関する確率効用 U_{in} として次式によって定義する。

$$U_{in} = V(X_i, S_n) + \epsilon_{in} \quad \dots\dots\dots (5.2.1)$$

ここで、 U_{in} : 個人 n のモード i に関する確率効用

$V(X_i, S_n)$: 観測されたモード i の特性ベクトル X_i (例えば、トリップ特性としての所要時間、コストなど)と同じく観測された個人属性ベクトル S_n (例えば、車の保有・非保有、収入、年齢、性別)の両者の関数として表わされるので、母集団の代表的選好を反映している効用(representative utility or deterministic component)。以下 $V_{in}=V(X_i, S_n)$ と表現する。

ϵ_{in} : 個人 n のモード i に関する効用を説明づけようとするときに、ここで取上げた以外の観測されていない因子によるもので、選択に影響を与える評価可能な要素で確率変数である。(random component)

次に、効用最大化行動としては、モード i の選択はすべての輸送モードの中で $U_i > U_j (j \neq i)$ が満たされることを条件としており、 $U_i > U_j$ なる事象の生起確率 $Pr_n(i)$ が個人 n のモード i の選択確率であると考えている。

$$Pr_n(i) = Prob(U_i > U_j, \text{ for all } j, j \neq i) \quad \dots\dots\dots (5.2.2)$$

これを式(5.2.1)を用いて変形すれば次式のようになり、結局確率変数 $\epsilon_{in} (i=1, \dots, J_n; J_n \text{ 個人 } n \text{ のもつ選択肢集合})$ 分布をどのように特定化するかが問題となることがわかる。

$$Pr_n(i) = Prob [\varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in} < V_{in} - V_{jn}, \text{ for all } j, j \neq i] \quad \dots\dots\dots (5.2.3)$$

すなわち、便宜的に選択モード i を第1番目のモード ($i=1$) とし、多次元確率項の(累積)分布関数を $F(\varepsilon_{1n}, \varepsilon_{2n}, \dots, \varepsilon_{Jn})$ とすれば、

$$Pr_n(1) = \int_{\varepsilon_{1n}=-\infty}^{\infty} \int_{\varepsilon_{2n}=-\infty}^{V_{1n}-V_{2n}+\varepsilon_{1n}} \dots \int_{\varepsilon_{Jn}=-\infty}^{V_{1n}-V_{Jn}+\varepsilon_{1n}} f(\varepsilon_{1n}, \varepsilon_{2n}, \dots, \varepsilon_{Jn}) d\varepsilon_{Jn} d\varepsilon_{Jn-1} \dots d\varepsilon_{1n} \quad \dots\dots\dots (5.2.4)$$

と書き表わすことができる。ここで、 ε_{jn} ($j=1, 2, \dots, J$) の従う確率分布が互いに独立で同一の次式に示される分布に従うと仮定すると、式(5.2.4)を変形することにより、Multinomial Logit model (MNL) が導出される。

$$Prob(\varepsilon_{jn} < \varepsilon) = e^{-e^{-\varepsilon}}$$

$$\begin{aligned} Pr_n(1) &= \int_{\varepsilon_{1n}=-\infty}^{\infty} F_1(\varepsilon_{1n}, \varepsilon_{2n}+V_{1n}-V_{2n}, \varepsilon_{1n}+V_{1n}-V_{3n}, \dots, \varepsilon_{1n}+V_{1n}-V_{Jn}) d\varepsilon_{1n} \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-\varepsilon) \prod_{j=1}^J \exp(-\exp(-\varepsilon - V_{1n} + V_{jn})) d\varepsilon \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-\varepsilon) \exp\left\{-\left[\exp(-\varepsilon)\right] \left[\sum_{j=1}^J \exp(V_{jn} - V_{1n})\right]\right\} d\varepsilon \end{aligned}$$

$$G = \sum_{j=1}^J \exp(V_{jn} - V_{1n}) \text{ とし、 } X = e^{-\varepsilon} \text{ と置換すると、}$$

$$\begin{aligned} &= \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\varepsilon} \cdot e^{-G \cdot e^{-\varepsilon}} d\varepsilon = \int_{-\infty}^0 -e^{GX} dX = \frac{1}{1+G} \\ \therefore Pr_n(1) &= \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^J \exp(V_j - V_1)} = \frac{\exp V_{1n}}{\sum_{j=1}^J \exp V_{jn}} \quad \dots\dots\dots (5.2.5) \end{aligned}$$

この導出方法に対して、Ben-Akiva & Lerman(1981)⁸⁰⁾は、確率項 ε_{jn} の従う確率分布の性質により忠実な形で行う方法として、以下に示す要領で多項選択問題と二項選択問題(binary choice problem)に変形していく方法を紹介している。すなわち、前述の $U_{in} > U_{jn}, \text{ for } j \in C_n \neq i$ を考えることは、 $U_{in} \geq \text{Max } U_{jn}, (j \in C_n, j \neq i)$ と等価であることから、モード i の選択は、その効用 U_{in} が i モード以外の選択肢からなる C_n 個の代替案(Composite alternative)のもつ効用 $\text{Max } U_{jn}$ より大きいときに実現するものとみなし、次式の確率を i モードの選択確率として推計するものとするわけである。

$$Pr_n(i) = Prob(V_{in} + \varepsilon_{in} \geq \max_{\substack{j \in C_n \\ (j \neq i)}} (V_{jn} + \varepsilon_{jn})) \quad \dots\dots\dots (5.2.6)$$

このとき重要な問題は、多項の確率項の従う分布関数のもとでこの C_n 個の代替案のもつ確率効用の分布を知ることができなければならないことである。

今、多項ロジットモデル (Multinomial Logit model) とは、上述の確率項 (ε_{in}) が次の仮定を満たすものとして導出されたものであり、式 (5.2.7) で表わされる。すなわち、

すべての確率項 ε_{in} に対して、(i) 独立で (independent), (ii) 同一に (identically distributed), そして、(iii) ガンベル分布 (パラメータ $\eta=0, \omega=1$) (Gumbel distributed with parameters, $\eta=0, \omega=1$) を仮定する。

$$Pr_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{jn}}} \quad \dots\dots\dots (5.2.7)$$

この誘導は、以下に述べるような Gumbel 分布の諸性質を用いることで可能となるが、もし他のタイプの分布形を用いることになれば、他のタイプの非集計モデル (例えば、正規分布を仮定すれば probit model) が定式化されることになる。また、Gumbel 分布に関して暗黙的あるいは簡便的な意味で設けられる諸前提を緩めることによって、Multinomial Logit model を基本タイプとした拡張形の他のタイプのロジットモデルの誘導も可能となる。

まず、Gumbel 分布の分布関数 $F(\varepsilon)$ 、確率密度関数 $f(\varepsilon)$ は次式にて与えられる。

$$\left. \begin{aligned} F(\varepsilon) &= e^{-e^{-\omega(\varepsilon-\eta)}} \\ f(\varepsilon) &= \omega e^{-e^{-\omega(\varepsilon-\eta)}} \cdot e^{-\omega(\varepsilon-\eta)} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (5.2.8)$$

これは、二重指数分布とも呼ばれる極値分布の 1 つで、信頼性理論の中の寿命に関する極大値分布として用いられる確率分布であるが、その基本的な性質として以下の諸点があげられる。³⁰⁾

- (i) 最頻値 η 、平均値 $\eta + \frac{\gamma}{\omega}$ 、 γ : オイラー定数 $\gamma \simeq 0.577$ 、分散は $\frac{\pi^2}{6\omega^2}$
- (ii) ε が Gumbel 分布 (パラメータ η, ω) のとき、 $\alpha\varepsilon + V$ はやはり Gumbel 分布 [パラメータ $(\eta + V, \frac{\omega}{\alpha})$] に従う。
- (iii) ε_1 と ε_2 が、パラメータ $(\eta_1, \omega), (\eta_2, \omega)$ の互いに独立な Gumbel 分布であるとき、 $\varepsilon' = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$ の従う分布は Logistic 分布であり、そのときの分布関数 $F(\varepsilon)$ は、 $F(\varepsilon) = Prob(\varepsilon' < \varepsilon)$ として、次式で表わされる。

$$F(\varepsilon) = \frac{1}{1 + e^{\omega(\eta_2 - \eta_1 - \varepsilon)}} \quad \dots\dots\dots (5.2.9)$$

(iv) もし、 ε_1 と ε_2 が (iii) のように互いに独立な Gumbel 分布に従うとき、 $\text{Max}(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ の従う分布は、やはり Gumbel 分布であり、そのときのパラメータは $(\frac{1}{\omega} \ln(e^{\omega\eta_1} + e^{\omega\eta_2}), \omega)$ である。

また、これを $(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_J)$ に J 個に拡張したときには、 $\text{Max}(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_J)$ もやはり、Gumbel 分布であり、そのときのパラメータは $(\frac{1}{\omega} \ln \sum_{j=1}^J e^{\omega\eta_j}, \omega)$ となる。

ここでさらに、 $\eta=0$ 、そしてスケールパラメータの ω は同一と仮定しこれを $\omega=1$ と置くことによって、式 (5.2.9) における選択確率を特定化する。そこで、 $U_n^* = \text{Max}_{j=2, \dots, J_n} (V_{jn} + \varepsilon_{jn}^*)$ とすれば、これは (ii) および (iv) より Gumbel 分布 (パラメータ $\ln \sum_{j=2}^J e^{V_{jn}}, 1$) に従う。ここでこれを規準化することを考えて、

$$U_n^* = V_n^* + \varepsilon_n^* \quad \dots\dots\dots (5.2.10)$$

ここで、

$$V_n^* = \ln \sum_{j=2}^J e^{V_{jn}} \quad \dots\dots\dots (5.2.11)$$

とすれば、 ε_n^* は Gumbel 分布 (パラメータ (0.1)) に従うことになる。

したがって、式 (5.2.5) は、結局

$$\begin{aligned} Pr_n(1) &= \text{Prob}(V_{1n} + \varepsilon_{1n} \geq V_n^* + \varepsilon_n^*) \\ &= \text{Prob}(\varepsilon_n^* - \varepsilon_{1n} \leq V_{1n} - V_n^*) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (5.2.12)$$

となり、これは (iii) の性質より $\varepsilon' = \varepsilon_n^* - \varepsilon_{1n}$ にすれば、

$$Pr_n(1) = \frac{1}{1 + e^{V_n^* - V_{1n}}} \quad \dots\dots\dots (5.2.13)$$

と変形されることになり、次式のように最終的には Multinomial Logit model が誘導される。³⁰⁾

$$\therefore Pr_n(1) = \frac{e^{V_{1n}}}{e^{V_{1n}} + e^{\ln \sum_{j=2}^J e^{V_{jn}}}} = \frac{e^{V_{1n}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{jn}}} \quad \dots\dots\dots (5.2.14)$$

以上の誘導においてロジットモデルの数学的性質を大きく規定しているのは、いわゆる I. I. D. (independent and identically distributed) の仮定とそれに関連するスケールパラメータ ω についての前提条件であり、前者は赤バス—青バス問題 (the red bus/blue bus problem) として、そして後者はその問題を回避するための Nested Logit model の導出問題として議論されている。

赤バス—青バス問題の議論は、D. Luce(1959)⁸¹⁾による心理学における選択行動理論の「無関連代替案の独立性 (independence of irrelevant alternative)」の公理と呼ばれる I.I.A の性質が、ロジットモデルの構造式が満足するものであることに対しての、そのパラドックスとして登場してきたものである。すなわち、ロジットモデルにおいて 2 モード間の選択確率の比をとれば、

$$\frac{Pr_n(i)}{Pr_n(j)} = \frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{jn}}} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 15)$$

となり、モード i とモード j 以外の代替案に無関係に選択確率比が決められるため、例えば、まったく同一のバスを色だけを塗り分けて、種類を増やしただけでも選択確率が変化してしまうという矛盾が生じるのである。これは、確率効用における確率項が互いに独立で同一であるとする仮定から派生する問題であるが、代替案間の類似性に関する評価の方法があれば回避できる問題でもある。また、I.I.D の仮定を緩め、確率項に共分散を有する多項正規分布を仮定することによって Probit-model を誘導することで解決をはかることもできる。

次にスケールパラメータ w についてであるが、これは Gumbel 分布の性質 ((i) の性質) からわかるように分散に関係したものであり、この点に着目した拡張をはかったのが、Daly & Zachary(1978)⁸²⁾、McFadden(1978)⁸³⁾ による Nested Logit model (NL) である。この NL モデルの考え方については、それぞれの研究者によって若干表現方法が異っているが、ここでは Daly & Zachary による定式化の概略を示しておくことにする。

今、 r 個の代替案からの選択を考えると、最初の s 個 ($1, \dots, s$) の選択と後の $(r-s)$ 個 ($s+1, \dots, r$) の選択に大別することにし、次式で示される階層的な選択構造を仮定する。 U' を最初の s 個の代替案のもつ確率効用を束ねたときの確率効用として、

$$\begin{aligned} & \text{for } 1 \leq j \leq s \\ & Pr(j) = Prob\{U_j \geq U_1, U_j \geq U_2, \dots, U_j \geq U_s, \text{ given } U' \geq U_{s+1}, U' \geq U_{s+2}, \dots, \\ & \quad U' \geq U_r\} \\ & = Prob\{U_j \geq U_1, U_j \geq U_2, \dots, U_j \geq U_s\} \cdot Prob\{U' \geq U_{s+1}, U' \geq U_{s+2}, \dots, \\ & \quad U' \geq U_r\} \\ & = r_j(V_1, V_2, \dots, V_s) \cdot q(V', V_{s+1}, V_{s+2}, \dots, V_r) \quad \dots\dots\dots (5. 2. 16) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{for } j \geq s+1 \\ & Pr(j) = Prob\{U_j \geq U', U_j \geq U_{s+1}, U_j \geq U_{s+2}, \dots, U_j \geq U_r\} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 17) \end{aligned}$$

ここで、確率効用 $(U_1, U_2, \dots, U_s, U_{s+1}, \dots, U_r, U')$ について、次の3つの性質があげられる。³²⁾

$$(1) \quad E(U_j - U_k) = V_j - V_k \quad \text{for all } j, k$$

$$(2) \quad E(U' - U_j) = V' - V_j \quad \text{for all } j$$

$$(3) \quad \text{Var}(U_j - U_k) = \begin{cases} \frac{\pi}{3\lambda^2}, & \text{if } 1 \leq j \leq s, 1 \leq k \leq s \\ \frac{\pi}{3\nu^2}, & \text{if either } j > s, k > s \end{cases}$$

この第3番目の性質は、通常のMultinomial Logit modelでは、スケールパラメータ w が $w = \lambda = \nu$ となっていたものが拡張されており、代替案集合のうち類似性の高い部分集合とそれ以外に区別した扱いとなっていることを示す。

したがって、式(5.2.16)および式(5.2.17)は、次式のように書き表わすことができる。

$$\left. \begin{aligned} V' &= \frac{1}{\lambda} \ln \sum_{k=1}^s \exp(\lambda V_k) \\ r_j(V_1, V_2, \dots, V_s) &= \frac{\exp(\lambda V_j)}{\sum_{k=1}^s \exp(\lambda V_k)} \\ q(V', V_{s+1}, V_{s+2}, \dots, V_r) &= \frac{\exp(\nu V')}{\exp(\nu V') + \sum_{k=s+1}^r \exp(\nu V_k)} \end{aligned} \right\} \text{より}$$

for $1 \leq j \leq s$

$$Pr(j) = \frac{\exp(\nu V_j)}{\sum_{k=1}^s \exp(\nu V_k)} \cdot \frac{\exp(\nu V')}{\exp(\nu V') + \sum_{k=s+1}^r \exp(\nu V_k)} \quad \dots\dots\dots (5.2.18)$$

for $j \geq s+1$

$$Pr(j) = \frac{\exp(\nu V_j)}{\exp(\nu V') + \sum_{k=s+1}^r \exp(\nu V_k)} \quad \dots\dots\dots (5.2.19)$$

したがって、ここでの重要な考え方の基本は、選択構造の記述の上に条件つき確率の考え方をを用いることにより、選択肢集合を絞り込んでいること（すなわち、 $Pr(x) = Pr(x|B) \cdot Pr(B|A, B)$ の形となっていること）と代替案間相互の類似性(similarity)の指標としての役割を果たすスケールパラメータ

(λ, ν) を明示的に取扱っていることの 2 点であるといえる。

一方、McFadden(1978)³³⁾の考え方においては、当初は前者の条件つき選択構造だけから出発している。すなわち、彼の扱った例題としての住宅立地に関する選択問題では、住居地の選択 (community : $c = 1, \dots, C$) とそこでの住宅タイプの選択 (dwelling : $n = 1, \dots, N_c$ in community c) について条件つき選択構造を仮定し、効用の確定項 V_{cn} を次式のように分離できるものとみなしている。

$$P_{cn} = P_{n|c} \cdot P_c \quad \dots\dots\dots (5.2.20)$$

$$V_{cn} = \beta' X_{cn} + \alpha' Y_c \quad \dots\dots\dots (5.2.21)$$

ここで、 V_{cn} : 居住地 c で住宅タイプ n の代替案のもつ効用の確定項

X_{cn} : 居住地および住宅タイプの両者に関する説明変数

Y_c : 居住地にのみに関する説明変数

α, β : パラメータ

ここで式 (5.2.21) で表わされる形式をもつ効用について式 (5.2.20) の選択構造をあてはめると、 $P_{n|c}$ および P_c は次のように書くことができる。

$$P_{n|c} = \frac{\exp(V_{cn})}{\sum_{m=1}^{N_c} \exp(V_{cm})} = \frac{\exp(\beta' X_{cn})}{\sum_{m=1}^{N_c} \exp(\beta' X_{cm})} \quad \dots\dots\dots (5.2.22)$$

$$P_c = \frac{\sum_{n=1}^{N_c} \exp(V_{cn})}{\sum_{b=1}^C \sum_{m=1}^{N_b} \exp(V_{bm})} = \frac{\exp(\alpha' Y_c) \left[\sum_{n=1}^{N_c} \exp(\beta' X_{cn}) \right]}{\sum_{b=1}^C \exp(\alpha' Y_b) \left[\sum_{m=1}^{N_b} \exp(\beta' X_{bm}) \right]} \quad \dots\dots\dots (5.2.23)$$

ここで、次式で定義される包括的合成値 (inclusive value) I_c を導入して変形すると、次式のようになる。

$$I_c = \ln \left[\sum_{n=1}^{N_c} \exp(\beta' X_{cn}) \right] \quad \dots\dots\dots (5.2.24)$$

$$P_{n|c} = \frac{\exp(\beta' X_{cn})}{\exp(I_c)} \quad \dots\dots\dots (5.2.25)$$

$$P_c = \frac{\exp(\alpha' Y_c + I_c)}{\sum_{b=1}^C \exp(\alpha' Y_b + I_b)} \quad \dots\dots\dots (5.2.26)$$

したがって、まず式 (5.2.22) によってパラメータ β を推計し、次いで式 (5.2.24) の I_c を求めておき

そして式(5.2.26)に代入してパラメータ α を推計するという段階的な手順によって、居住地と住宅タイプの同時選択 (joint choice) をより効率的に同定化することができることになる。そして次に、このような考え方を基礎として、まず、実証的な拡張のため式(5.2.26)を新たなパラメータを導入して次のように変形することを考えたわけである。

$$P_c = \frac{\exp(\alpha' Y_c + (1+\sigma) I_c)}{\sum_{b=1}^C \exp(\alpha' Y_b + (1-\sigma) I_b)} \quad \dots\dots\dots (5.2.27)$$

この式(5.2.27)および式(5.2.25)で示されるモデルがMcFaddenの Nested Logit model と呼ばれるものの原型である。

そして、式(5.2.27)で示された変形は、この段階では新しいパラメータの導入という意味づけしかでなかったわけであるが、McFaddenは、より一般的な表現方法として、確率効用を規定する確率項の多項分布に関する一般形を導入したG.E.V (Generalized Extreme Value) modelの検討を通じて、この新たなパラメータが、G.E.Vモデルの関数の特定化によって理論的に整合するものであることを示した。すなわち、G.E.V.model では、多項の確率項の分布関数は、

$$F(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_J) = \exp\{-G(e^{-\varepsilon_1}, e^{-\varepsilon_2}, \dots, e^{-\varepsilon_J})\} \quad \dots\dots\dots (5.2.28)$$

で表わされ、そのときの選択確率 P_i は

$$P_i = e^{V_i} G_i(e^{V_1}, e^{V_2}, \dots, e^{V_J}) / G(e^{V_1}, \dots, e^{V_J}) \quad \dots\dots\dots (5.2.29)$$

$$G_i(e^{V_1}, e^{V_2}, \dots, e^{V_J}) = \frac{\partial G(e^{V_1}, \dots, e^{V_J})}{\partial e^{V_i}}$$

となる。ここで G の特定化として、 $G = \sum_{j=1}^J e^{V_j}$ とすれば、 $P_i = e^{V_i} / \sum_{j=1}^J e^{V_j}$ となりMNL modelが導出される。また、 $G = \sum_{b=1}^C \left\{ \sum_{m=1}^{N_b} e^{V_{bm}/1-\sigma} \right\}^{1-\sigma}$ とすれば、次式になる。

$$P_{cn} = e^{V_{cn}/1-\sigma} \cdot \left[\sum_{m=1}^{N_c} e^{V_{cm}/1-\sigma} \right]^{-\sigma} / \sum_{b=1}^C \left\{ \sum_{m=1}^{N_b} e^{V_{bm}/1-\sigma} \right\}^{1-\sigma} \quad \dots\dots\dots (5.2.30)$$

ここで、 P_{cn} と P_c および $P_{n|c}$ との関係を見れば、

$$P_c = \sum_{n=1}^{N_c} P_{cn} = \left[\sum_{m=1}^{N_c} e^{V_{cm}/1-\sigma} \right]^{1-\sigma} / \sum_{b=1}^C \left\{ \sum_{m=1}^{N_b} e^{V_{bm}/1-\sigma} \right\}^{1-\sigma} \quad \dots\dots\dots (5.2.31)$$

$$P_{n|c} = P_{cn} / P_c = e^{V_{cn}/1-\sigma} / \sum_{m=1}^{N_c} e^{V_{cm}/1-\sigma} \quad \dots\dots\dots (5.2.32)$$

となる。そして $V_{cn} = \beta'X_{cn} + \alpha'Y_c$ であるとき、さらに次のように変形される。

すなわち、 $I_c = \ln \left[\sum_{m=1}^{N_c} e^{\beta'X_{cm}/1-\sigma} \right]$ と置くことにより

$$P_c = e^{\alpha'Y_c + (1-\sigma)I_c} / \sum_{b=1}^C e^{\alpha'Y_b + (1-\sigma)I_b} \quad \dots\dots\dots (5.2.33)$$

$$P_{n|c} = e^{\beta'X_{cn}/1-\sigma} / e^{I_c} \quad \dots\dots\dots (5.2.34)$$

したがって、前述の式 (5.2.25) および式 (5.2.27) にて表わされる NL model の形式は、式 (5.2.33) および式 (5.2.34) の結果より、G.E.V.modelの関数Gの特定化の1つとして包含されることがわかる。ただし、Daly & Zachary の導出と異なり、McFaddenの導出は、Gumbel分布の諸性質に拘束されない一般的表現を可能にしている点では評価できるが、新しく導入されたパラメータ $(1-\sigma)$ の意味づけに関しては、明確な解答を期待するものでなくむしろ選択構造を段階的に記述する上での実用的なパラメータとしての役割を有するものと解釈される。

ここでは、非集計モデルの中で代表的なMNL model およびNL model の2種類について、まず両者に共通する一般的な前提条件を明らかにするとともにその基本的な考え方を示した。これらモデルのもつ諸性質については、その導出過程の紹介の中で議論されてきたわけであるが、そこでの重要な論点を以下で整理しておこう。

- ① 確率効用を構成する確率項に関して、多項ロジットモデルでは、I. I. D.のもとでGumbel 分布という極値分布を仮定し、一方、Nested Logit model では、選択構造の選択 tree という階層性を仮定することによって、各段階ごとには互いに独立で同一のGumbel 分布に従うことになるが、代替案間類似性から分けられた選択 tree の上位・下位ではそのときのスケールパラメータ値を変更していると解釈できる。

まず、この極値分布 (Gumbel 分布) を用いている根拠については、もっぱらモデルの特定化における簡便性があげられており、多項ロジットモデルの導出過程で用いるGumbel 分布の諸性質の有用性が採用される大きな理由といえる。しかし、個人の行動理論上の仮説として意味づけられるものでなく、ロジットモデル自体のもつ一般性に限界を投げかける仮定といえよう。したがって、確率効用理論にもとづく立場をとる限り、より行動論的な記述モデルを目指すならば、結局、パラメータ推計の結果得られたモデルの適合度より、取扱った選択問題に対する諸仮定の妥当性を吟味することで、始めてモデル同定化の中での行動論的記述の評価を問うことになるものといえる。

- ② 多項ロジットモデルでは、I. I. A.特性を満たすため、それが新しい代替案の導入に関し利点となる場合と代替案間の類似性が高いときに欠点となる場合の両刃の剣となっている。もともと I. I. A.

特性は、上述の経済学的フレームでの議論というより Luce(1959) の心理学的選択行動理論にその由来があるわけで、そのときには以下に示すような strict utility model が導出されている。すなわち、Luce の I. I. A. 公理を数学的記述として次式で書くと、代替案 a, b, c, \dots に関して、

$$\frac{Pr_n(a|a,b)}{Pr_n(b|a,b)} = \frac{Pr_n(a|a,b,c,\dots)}{Pr_n(b|a,b,c,\dots)} = \frac{U(S_n, X_a)}{U(S_n, X_b)} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 35)$$

となり、この効用を $U(S_n, X_a) = \exp[V(S_n, X_a)]$ と書き表わすことにし、 $\sum_{i=1}^N Pr_n(i) = 1$ の条件から次式を得る。

$$Pr_n(i) = \frac{e^{V(S_n, X_i)}}{\sum_j e^{V(S_n, X_j)}} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 36)$$

式(5.2.24)にて表わされる strict utility によるロジットモデルは、確率効用を前提とせず、すなわち、確率項の分布形に関する前提をまったく考えない場合といえる。したがって、Random utility model としてのロジットモデルにおいて、その中の I. I. D から導かれるモデル式が I. I. A 公理を満たすからといって、逆に I. I. A 公理の問題を確率論の中だけで解決すべきではなく、むしろ strict utility model においても関係する問題であるのだからモデル式の形式のもつ数学的性質として考えていくべきであろう。例えば、前項で紹介した宇野(1983)による経路選択モデルの一般式は、各経路の分担率比に着目し関数方程式論より以下のようになる。

$$\frac{P_i}{P_j} \equiv f(x, y) \quad \dots\dots\dots (5. 2. 37)$$

ここで、分担率比は、 x はルート i のルート特性値ベクトルおよび、

y はルート j のルート特性値ベクトルの関数 f で定義される。

$$f(x, y) = \frac{e^{G(x)}}{e^{G(y)}} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 38)$$

これは、式(5.2.35)に示される I. I. A. とまったく等価な性質をこのモデルが有していることを示すものであるが、そのモデル導出にあたっては明らかに確率効用理論とは無関係であり、むしろ分担率比が当該 2 ルートのルート特性値のみの関数であるとしていることが、これらの結果を招いたものと考えられるからである。

- ③ NL model に関して言えば、MNL model における I. I. A. 特性を緩和すべく代替案間の類似性によって選択肢集合を束ねて考えようというものであり、その際選択構造における階層性 (hierarchical choice structure) を仮定している。

Daly & Zachary の考え方に従えば選択 tree の各段階において異なるスケールパラメータを設定するこ

とによって、代替案間の類似性に着目したモデルの同定化がはかられており、また、McFaddenは、より一般的な表現方法としてG.E.V. modelの中に関数 G の特定化の中で同様な階層的選択構造に対応した新たなパラメータの導入を行っている。

Daly & Zachary の考え方を簡単な例題によって示すと、図5-2-1のように、車・鉄道・新交通システムの3モードの選択問題を考えたとき、MNL modelでは(a)図のようにスケールパラメータは同一の ω が設定されているのに対して、NL modelでは(b)図のように、上位の選択としての車・マストラにおけるスケールパラメータ ν と下位の選択としての鉄道・新交通システムにおけるスケールパラメータ λ の2種類が設定されることになる。ここ

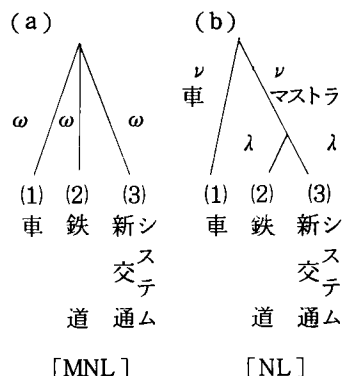


図 5-2-1

での考え方は、車とマストラとの二項選択において、それぞれの代替案の確率効用を規定する確率項の分布は、互いに独立で同一のGumbel分布(パラメータ $(0, \nu)$)、そして、鉄道・新交通システムの場合には、やはり互いに独立で同一のGumbel分布(パラメータ $(0, \lambda)$)に従うと仮定されていることにもとづく。ここで車が選択される確率 $Pr(1)$ は、

$$Pr(1) = Prob(U_1 > \text{Max}(U_2, U_3)) \quad \dots\dots\dots (5.2.39)$$

であるが、 $U^* = \text{Max}(U_2, U_3)$ の中の確率項 ε^* は、Gumbel分布の性質(iv)よりパラメータは $(\frac{1}{\lambda} \ln(e^{\lambda V_2} + e^{\lambda V_3}), \lambda) = (V^*, \lambda)$ となる。したがって、 $U^* = V^* + \varepsilon^*$ とおけば式(5.2.39)は、以下のように書き表わすことができる。

$$Pr(1) = Prob(V_1 + \varepsilon_1 > V^* + \varepsilon^*) \quad \dots\dots\dots (5.2.40)$$

今、 ε_1 はパラメータ $(0, \omega)$ のGumbel分布そして ε^* はパラメータ $(0, \lambda)$ のGumbel分布に従うから、その $\text{Max}(\varepsilon_1, \varepsilon^*)$ の従う分布のスケールパラメータを ν とすれば、式(5.2.40)はGumbel分布の性質(iii)より次式に変形される。

$$Pr(1) = \frac{1}{1 + e^{\nu(V^* - V_1)}} = \frac{e^{\nu V_1}}{e^{\nu V_1} + e^{\nu V^*}} \quad \dots\dots\dots (5.2.41)$$

$$\text{ここで、} V^* = \frac{1}{\lambda} \ln(e^{\lambda V_2} + e^{\lambda V_3})$$

したがって、各モードの選択確率は、結局

$$\left. \begin{aligned}
 P_T(1) &= \frac{e^{\nu K_1}}{e^{\nu K_1} + [e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}]^{\frac{\nu}{\lambda}}} \\
 P_T(2) &= \frac{[e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}]^{\frac{\nu}{\lambda}}}{e^{\nu K_1} + [e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}]^{\frac{\nu}{\lambda}}} \cdot \frac{e^{\lambda K_2}}{e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}} = \frac{e^{\lambda K_2} [e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}]^{\frac{\nu}{\lambda}-1}}{e^{\lambda K_1} + [e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}]^{\frac{\nu}{\lambda}}} \\
 P_T(3) &= \frac{[e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}]^{\frac{\nu}{\lambda}}}{e^{\nu K_1} + [e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}]^{\frac{\nu}{\lambda}}} \cdot \frac{e^{\lambda K_3}}{e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}} = \frac{e^{\lambda K_3} [e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}]^{\frac{\nu}{\lambda}-1}}{e^{\nu K_1} + [e^{\lambda K_2} + e^{\lambda K_3}]^{\frac{\nu}{\lambda}}}
 \end{aligned} \right\} \cdots (5.2.42)$$

となり、 ν, λ のうち、 $\nu = 1$ とし、 $\lambda = \frac{1}{1-\sigma}$ と置きかえれば、前述のMcFaddenのG.E.V. modelの中から導出されるNL modelのタイプと一致する。したがって、Daly & Zacharyの考え方もMcFaddenの考え方も、その表現上のアプローチにおいて若干の相違が見られるものの、極値分布の性質を用いることで両者の関係の整合性を保つことができると考えられる。ただし、ここでのスケールパラメータのうち ν は、選択 tree の中で束ねられた上位の選択段階では仮想的に設定されたものであり、その値は本来、 ω や λ と独立ではないはずであり、その点がモデル式の導出にあたって明確に議論されていない点が問題として残されている。ただ実用上は、これらのパラメータは他の説明変数に付与されるパラメータと同様に推計されるため不問にされる場合が多い。

なお、McFaddenのG.E.V. modelの開発は、確率効用理論にもとづく、いわゆるロジットモデル族に関する一般的表現として評価されるが、同様の展開としてWilliams(1977)³⁴⁾によっても関数形の一般的表現の体系化の形で行われている。さらに最近では、Anas(1983)によってロジット型のモデル式の意味づけのために、他の角度からの導出により等価性を議論していく動きを見られ、確率効用理論とそれに関連する微視的アプローチの接点考が進められている。こうした段階に至った場合、前述の宇野(1983)の研究のようなモデル式の数学的導出が大きく評価される状況にあると考えられ、その理論的展開が期待されるといえよう。

(2) 交通需要分析における非集計モデルの位置づけ

ここでは、非集計モデルが交通需要分析の中でどのように位置づけられるかを考察してみよう。これは、前述のモデルの基本的な考え方への理解とともに、非集計モデルの同定化(Calibration)手順および実際への適用における関連作業などに関係してくる議論であり、結局モデルのもつ特徴と問題点の両者を慎重に吟味していくことから始めなければならないであろう。

まず、非集計モデルの登場した歴史的経緯が本章の概説で述べたように集計モデルとの対比にあることを考え、その観点から非集計モデルの特徴と問題点を明らかにしておこう。

佐佐木(1982)³⁶⁾は、従来の集計モデルがゾーンを単位として集計した扱いを行っていることに対する問題点として、以下の諸点をあげている。

- ① 内々トリップに関し、その推計においてゾーンの大きさが大きくなればなるほど問題となる場合がある。
- ② OD交通量の保存則がゾーニングの変更により原則として成立しなくなる。
- ③ 発生・吸引量推計ではゾーン特性を主要因として取上げるため、個人属性が比較的無視されがちである。
- ④ 交通需要推計に用いられる諸指標がゾーン平均値であるため、精度の上でどうしても不十分な場合が生じる。
- ⑤ 段階的需要推計法において、各段階間の整合性に関してModal-Splitのプロセスが最も矛盾が生じ易い。

これらの問題のうち、①②はゾーンの単位を極限まで小さくして、これ以上分割できないところまで細かくすればよい。このときおそらくその最小単位は個人の住居や事務所となるであろうから、その意味で非集計モデルはゾーンの分割をその極限まで行ったものと解釈できるかもしれない。③は、交通の主体としてのトリップメーカーに着目したアプローチが必要といえ、例えば、個人属性別モデル構築あるいは個人属性を要因として取込んでいく方法などがあるろう。④⑤は、個人の行動選択に関する理論フレームの準備が必要であり、行動論的アプローチの導入による対処が望ましい。そして、佐佐木(1982)は現在の非集計モデルが上記の問題点をすべて克服するものとして、集計モデルにとって代るものと位置づけることの危険性を次のような観点から指摘している。すなわち、もし従来の段階型推定法に代る非集計モデルによる需要推計プロセスを考えると、図5-2-3に示すようになり、pureな非集計モデルの適用プロセスでは、個人属性別の住民の分布および点としての土地利用予測が必要となる。したがって実際上そのような予測は不可能であるから、個人属性を十分考慮した形でできるだけ小さなゾーンを単位とした土地利用予測を前提として推計するのが現実的といえる。そのためには、非集計モデルにおけるサンプルと母集団との関係を調査時点において十分対応づけておく必要があるため、現況分析の上で精度が如何に良好であっても長期的予測には適さない場合が多いと言わざるを得ない。^{36), 37)}

そして、非集計モデルの適用が有効と考えられるのは、比較的狭い地域における短期的交通政策(料金値上げ、交通サービスの改善など)の影響評価分析であろう。³⁸⁾というのは、まず空間的制約として対象圏域が広くなければ、それだけ層別化された個人のサンプルの抽出率を高める必要から多くの情報を取扱うことになり、インプットデータとなる種々の説明変数の抽出・入手方法に関しても膨大な作業量を伴うからである。また、非集計モデルとして原則的には個個人のもつ代替案集合(choice set)のもとで、実際に選択した代替案に関する諸量だけでなく、その選択において比較対象となった“影のルート”

〔純粹 (pure) な意味での非集計モデル〕

〔従来の段階的推定法〕

〔非集計モデル〕

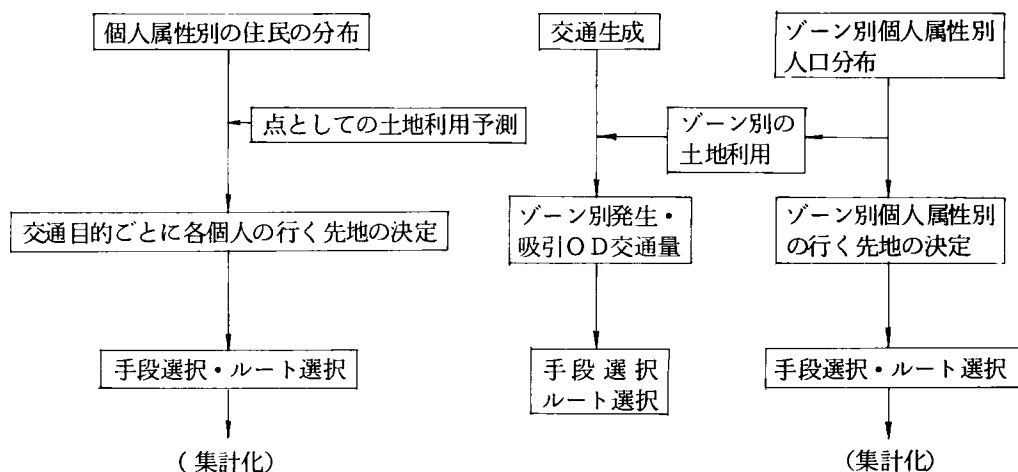


図5-2-3 集計・非集計モデルによる需要推計プロセスの比較

に關しても同様の情報を必要とする。そのため、空間的に広い地域においてはこの代替案集合の設定が難しく、また、影のルートの情報収集にも大きな労力が必要となり、非集計モデルの特徴としてあげられる簡便性などが保つことができなくなってしまうのである。第2の理由としては、予測時点が短期であれば集計化において、個人サンプルとゾーン等によって集計化する際の母集団との対応関係を現況のまま用いることができ、予測精度もある程度確保できるからである。もし長期的な予測に適用することを考えるならば、当該地域にどのような属性をもつ個人がどのように分布するかをあらかじめ知っておく必要があり、そのためには、何らかの集計化されたゾーンを単位とした土地利用予測のサブシステムをパイロット・サーベイを通じて構築をしなければならない。しかしながら現在の段階では、こうした長期予測を念頭に置いた Aggregation problem の解決策は不十分であるため、非集計モデルの長期予測への適用は、その予測精度を議論する時期でないと云わざるを得ない。第3の理由は、前二者と異なり、積極的に非集計モデルの有効性を生かそうとするもので、交通政策評価分析モデルとしての特徴である。すなわち、料金値上げとか端末サービス水準の改善といった交通政策についての的確な評価のためには、基本的には当該地域における個個人の選択行動指向の把握にもとづくものであることが望ましく、個人の選好特性を容易に導入できる非集計モデルの利点を生かすことができるからである。

非集計モデルの適用例においては、こうした短期的交通政策の評価問題（とくに手段選択に関するもの）が最も多く、それら実証的なケース・スタディを通してモデルの同定化・将来推計方法などが盛んに議論されている。その際、以下のいくつかの視点に立った諸検討が不足していると思われ、今後の重要な検討課題といえる。

① 多くの適用例においてモデルの同定化に主眼が置かれてしまうため、現況分析的検討もサンプルベースの議論が多く、いわゆる集計レベルでの推計精度ならびに適合性に関する考察が不足している。最近においては、桐越・塚本(1983)⁴⁰⁾によって選択確率に影響を及ぼす効用値の分布特性、データサイズ、集計化の方法などの要因に関してシミュレーションテストによる検討がなされるなど、集計化問題への実用的な解決方法が試みられている。

② 手段選択問題を取扱う場合、個人単位を選択行動における合理性の前提が非集計ロジットモデルにおいて仮定されているわけであるが、そのこととゾーニングに集計して考える従来の集計モデルにおけるCaptive層/Choice層といった制約下の手段選択との関係が明確にされていない。都市域の手段選択に関する従来の諸分析結果からいわれるように、制約下の手段選択を強いられている場合は大きく、こうしたCaptive層を無視するわけにはいかない。非集計モデルの立場から言えば、選択行動原理としてはあくまでも合理性(効用最大化)を仮定しており、個人属性要因の導入によってそれらの諸制約の影響を反映できるものと解すべきかもしれないが、その具体的な表現方法に関しては未解決な部分が多い。この問題に関してはGaudry & Dogenais(1979)^{41), 42)}によるDogit modelに導入されたパラメータが個人にとっての各代替案のもつCaptiveな性質を表わすものとして検討が進められている。このDogit modelは、もともとはI. I. A.問題に対して、研究者がI. I. A.公理にゆだねられる部分とそうでない部分のどちらを選択行動のモデル化の際に優先すべきかというジレンマを避ける(dogde)ものとして定式化されたものであり、次式によって与えられる。

$$P_i = \frac{e^{V_i + \theta_i \sum_j e^{V_j}}}{(1 + \sum_j \theta_j) \sum_j e^{V_j}} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 43)$$

$\theta_i \geq 0, (i=1, \dots, N)$: 各代替案のもつパラメータ

今、この式中に用いられるパラメータ θ_i を意味づけるため、次式に書きかえることにする。

$$P_i = \frac{1}{1 + \sum_j \theta_j} \cdot \left(\frac{e^{V_i}}{\sum_j e^{V_j}} \right) + \frac{\theta_i}{1 + \sum_j \theta_j} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 44)$$

上式は、Stone(1954)の消費者選択行動理論におけるMarket share modelとして解釈すると、消費者は、まず $\frac{\theta_i}{1 + \sum_j \theta_j}$ の割合だけは、第*i*番目の財についての強制的あるいは基礎的不可欠な(Compulsive)欲求充足のためにその価格(効用)に関係なく費やすことを考える次いで残りの $1 - \sum_i \frac{1}{1 + \sum_j \theta_j}$

$= \frac{1}{1 + \sum_j \theta_j}$ の割合が自由裁量な (discretionary) 選択にまかされることになり、それらは各財 (代替案) の効用によって、 $e^{\theta_i} / \sum_j e^{\theta_j}$ の割合で第 i 番目の財に費やされることになる。なお、こうした解釈は、Ben-Akiva(1977)も行っており、また、Hensher(1982)⁴³⁾はその他の改良されたロジットモデルとしての飽和型 (Saturated) モデルあるいは偏平型 (Compressed) モデルが Dogit model と等価であることを示している。

このような手段選択における重要な問題の解決にとって、非集計的アプローチがどの程度有効に機能するかといった観点から、さらに理論的考察が進められなければならないであろう。⁴⁴⁾

5-2-3 トリップチェイン的アプローチによる手段選択モデル再考

交通需要分析における Modal-Split の問題では、トリップ単位からのアプローチは非常に精力的に行われており、集計・非集計を問わず数多くのモデル開発および諸議論がなされているが、トリップチェインのアプローチからの手段選択の記述と予測に関しては、それほど研究例が豊富にあるわけではなく、そのほとんどがマルコフ連鎖モデルに属するものであると考えられる。そこで、ここではこのマルコフ連鎖モデルの概略を紹介するとともに、手段選択問題に対するとらえ方について議論していくことにする。

トリップチェインにおいて交通手段選択を取扱った例としては、Sasaki(1971)⁴⁵⁾による吸収マルコフ連鎖を用いた自動車トリップ追跡モデルがあり、それはその後Kondo(1974)⁴⁶⁾、近藤(1977)⁴⁷⁾によって拡張・改良されたトリップチェインモデルのプロトタイプとなっている。その他のマルコフ連鎖理論にもとづいて手段選択問題を扱ったものとしては、Lerman(1979)⁴⁸⁾が、目的地・手段の同時選択を非集計ロジットモデルとマルコフ再生理論の両者の結合によってモデル化を試みた研究などが見当たるぐらいで、トリップチェインにおける手段選択に関する問題は未解決なまま残された部分が多い。ここでは、手段選択を扱ったマルコフ連鎖モデルの紹介に入る前に、まず、吸収マルコフ連鎖モデルの概略を明らかにしよう。

従来の吸収マルコフ連鎖モデルは、状態空間としてトリップ目的を取上げ、その目的連関の形で状態遷移を記述しようというものである。このときの遷移確率は、吸収状態 (Absorbing state) と過渡的遷移状態 (Transient state) の2つに分けて次式にて表現される。^{49), 50)}

$$Q = \begin{pmatrix} I & O \\ R & Y \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 45)$$

ここで、 Y : 過渡的状态間遷移確率 ($m \times m$)、 R : 帰宅確率 ($m \times s$)、 I : 単位行列 ($s \times s$)

O : ゼロ行列 ($s \times m$)、 m : 過渡的遷移状態の数、 s : 吸収源の数である。

今、この遷移確率 Q が n 乗されるときに得られる過渡的状态間遷移確率 Y^n は、今考えている過程がある過渡状态 (i) を出発して n トリップしたときにある過渡状态 (j) にいる確率を示しているの、無限回の遷移の中でそれらを加算してやれば、次式で示される吸収マルコフ連鎖の基本確率行列が得られる。

$$I + Y + Y^2 + \dots + Y^n + \dots = (I - Y)^{-1} \quad \dots\dots\dots (5.2.46)$$

この行列の i, j 要素は、 i から出発したマルコフ連鎖が吸収源にはいつてしまうまでに、何回状態 j を通過するかという過渡的状态にいる回数の期待値である。したがって、今吸収源を H.B. (ホームベース) として過渡状态は帰宅目的以外の各トリップ目的を対応させた吸収マルコフ連鎖を考えて、それを無限回遷移させるものとすれば、家庭から各目的で出発したトリップが家庭に帰ってくるまで各目的を何回行って来たかを知ることができる。

吸収マルコフ連鎖を用いてトリップチェーンの記述を行うためには、これまでの議論をゾーンの次元を付加させて行う必要があり、そのために状態遷移も、トリップ目的間の関連とゾーン間の移動の両方から成るものに拡張される。このときのモデルの概念図を図 5-2-4 に示し、それに関連する諸量と関係式は以下ようになる。

まず、説明をわかりやすくするためにトリップ目的を a, b, c の 3 つと仮定し、ゾーン数を n とすると第 i ゾーンの目的別第 1 トリップ発生量は A^a, A^b, A^c として、次のように記述することにする。

$$\left. \begin{aligned} A^a &= (A_1^a, A_2^a, \dots, A_i^a, \dots, A_n^a) \\ A^b &= (A_1^b, A_2^b, \dots, A_i^b, \dots, A_n^b) \\ A^c &= (A_1^c, A_2^c, \dots, A_i^c, \dots, A_n^c) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (5.2.47)$$

$$A = \begin{pmatrix} A^a & A^b & A^c \end{pmatrix} \quad (3 \times 3n)$$

次に、行列 A に従って第 1 トリップをある目的で出発した人は、以降は吸収マルコフ連鎖に従って遷移すると仮定するとき、次式で示される状態遷移確率とゾーン間遷移確率をもつ。

$$Q = \left[\begin{array}{c|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline r_a & y_{aa} & y_{ab} & y_{ac} \\ r_b & y_{ba} & y_{bb} & y_{bc} \\ r_c & y_{ca} & y_{cb} & y_{cc} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c|c} I & O \\ \hline R & Y \end{array} \right] \quad \dots\dots\dots (5.2.48)$$

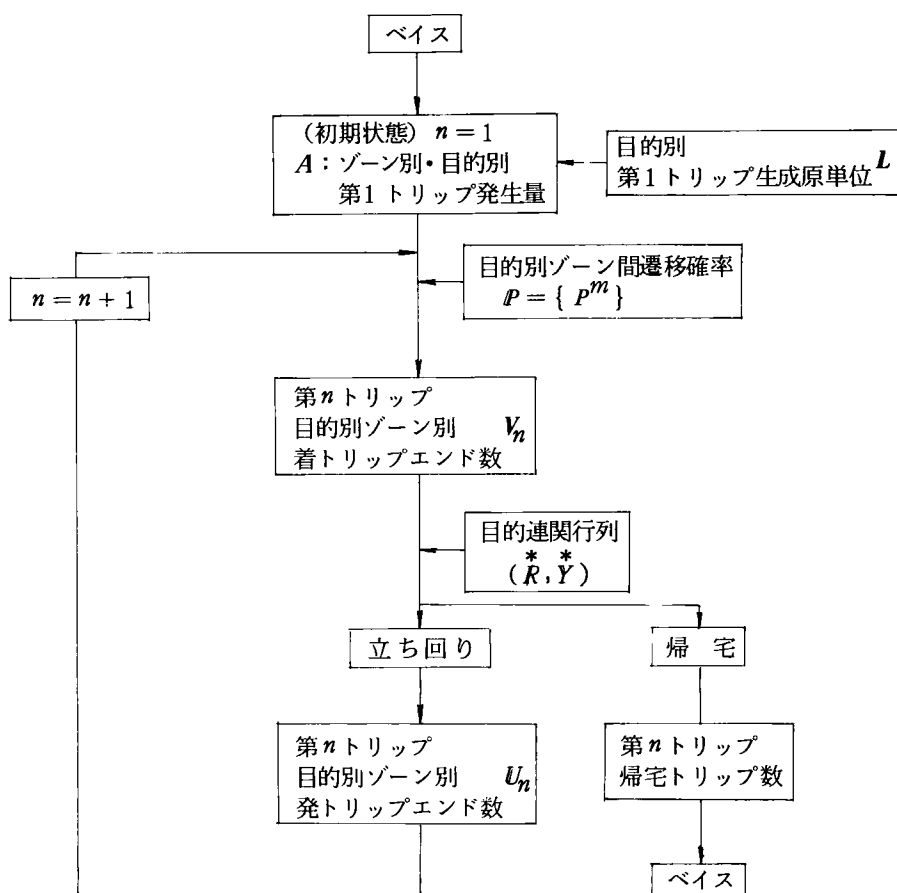


図5-2-4 吸収マルコフ連鎖の概念図

ここで Y を目的間遷移行列, R を帰宅ベクトルと呼び, ゾーン間移動に対応できるように Y および R は ${}^*Y, {}^*R$ に次元が拡張される。

$${}^*Y = \begin{bmatrix} y_{aa} & y_{ab} & y_{ac} \\ y_{ba} & y_{bb} & y_{bc} \\ y_{ca} & y_{cb} & y_{cc} \end{bmatrix} \quad (3n \times 3n)$$

$${}^*R = \begin{bmatrix} r_a \\ r_b \\ r_c \end{bmatrix} \quad (3n \times n)$$

..... (5. 2. 49)

なお、ゾーン間遷移確率 P は、トリップ目的別に次式で定義され、各トリップの目的が決められた後にゾーン間移動として着エンドがこの行列 P を乗じることによって求められ、この手順をゾーン間遷移目的連関の形で繰返されることによってトリップの追跡が行われる。

$$P = \begin{bmatrix} P^a & & \\ & P^b & \\ & & P^c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11}^a \cdots P_{1n}^a & & \\ \vdots & & \vdots \\ P_{n1}^a \cdots P_{nm}^a & & \\ \hline & P_{11}^b \cdots P_{1n}^b & \\ & \vdots & \vdots \\ & P_{n1}^b \cdots P_{nm}^b & \\ \hline & & P_{11}^c \cdots P_{1n}^c \\ & & \vdots \\ & & P_{n1}^c \cdots P_{nm}^c \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 50)$$

($3n \times 3n$)

そして各トリップ目的別に着ゾーンあるいは着目して集計することにより、トリップ目的別発生集量は次式にて求められる。⁵¹⁾

$$V = AP(I - \bar{Y}P)^{-1} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 51)$$

$$U = A + AP(I - \bar{Y}P)^{-1} \bar{Y} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 52)$$

以上の基本的な吸収マルコフ連鎖モデルは、トリップチェーンの大きな性質の一つであるトリップの連鎖性を、トリップ目的連関の観点からとらえ、これを状態遷移行列（目的連関行列）を用いて表現したものであるが、Sasaki(1971)およびKondo(1974)はさらに機関分担プロセスの導入を試みた。まず、Sasaki(1971)の提案したモデルにおいては、自動車利用トリップの追跡を目的として、ゾーン間遷移と目的連関の状態遷移とモード連関の関係を次式のように仮定することによって機関分担を実行させようとした。

$$\eta_j^{\bullet m'} = \eta_j^{m\bullet} \phi_{mm'} \psi_j \quad \dots\dots\dots (5. 2. 53)$$

- ここで、 $\eta_j^{\bullet m'}$: 目的 m' で j ゾーンを出発するものの auto 利用率
 $\eta_j^{m\bullet}$: 目的 m で j ゾーンに到着したものの auto 利用率
 $\phi_{mm'}$: 目的連関 $m \rightarrow m'$ に対応してひきおこされる auto 利用率の変化率
 ψ_j : $\phi_{mm'} = \eta_j^{\bullet m'} / \eta_j^{m\bullet}$ とは成り立たないため、 $\phi_{mm'} \psi_j = \eta_j^{\bullet m'} / \eta_j^{m\bullet}$ を満たす $\phi_{mm'}$, ψ_j を定義することにし、 ψ_j はゾーン j に固有な調整係数である。

したがってこの考え方は、図5-2-5に示すように、ゾーン間遷移はパーソントリップのゾーン間遷移行列 $P = \{p^m\}$ が用いられ、その中の自動車利用分担を、各ステップにおけるゾーン間移動後の目的連関に伴う自動車利用率変化という形でとらえようというものである。これは、従来のモーダル・スプリットモデルの分類から言えば、ゾーン間遷移のあとに機関分担が位置するので、その意味で

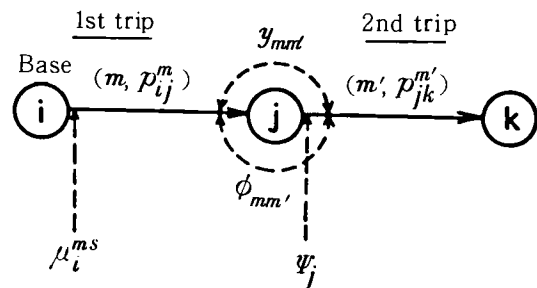


図5-2-5 自動車トリップ追跡のための吸収マルコフ連鎖モデル

は Post-distribution type に分類されるわけであるが、そこでの主な仮定は以下のとおりである。

- (i) 目的連関は一般的な吸収マルコフ連鎖をなす。
- (ii) 交通機関は1トリップ1モードという代表交通機関の考え方に従ってとらえる。
- (iii) ゾーン間遷移はパーソントリップのゾーン間遷移確率を用い、状態遷移の各 step に関係なく一様である。
- (iv) 機関分担は、目的連関に伴う自動車利用率の変化という形でとらえることとし、それは目的連関に伴う平均的な自動車利用率の変化率とその発ゾーン固有の調整係数によって表わされる。

次に、このモデルの拡張とトリップチェーンにおけるより一般的な手段選択の記述を試みた近藤(1972)⁵²⁾ Kondo(1974)⁵³⁾の研究例を紹介しよう。ここでのモデル構造の特徴は自動車トリップの追跡だけでなく、すべてのモード連関を同時に表現しようとする事、およびモーダル・スプリットの形式としては Pre-distribution type の体裁をとっており、モード別にODパターンが異っていることで

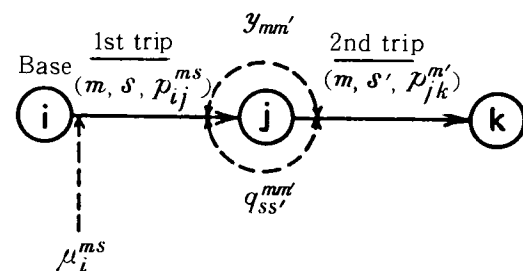


図5-2-6 目的連関に伴うモード連関を考慮した吸収マルコフ連鎖モデル

ある。すなわち、図5-2-6に示すように、ゾーン間移動については目的別モード別のゾーン間遷移確率 p^{ms} を定義し、また、モード連関は目的が m から m' に連関することに伴うモードの連関 $s \rightarrow s'$ を次式のようなモード連関遷移行列 $Q^{mm'}$ を考える。

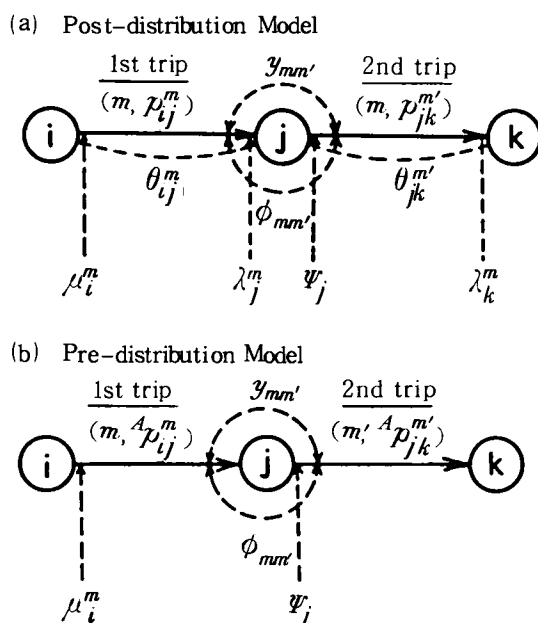
$$Q^{mm'} = \begin{bmatrix} q_{11}^{mm'} & q_{12}^{mm'} & \dots & q_{1s}^{mm'} \\ q_{21}^{mm'} & q_{22}^{mm'} & \dots & q_{2s}^{mm'} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ q_{s1}^{mm'} & q_{s2}^{mm'} & \dots & q_{ss}^{mm'} \end{bmatrix}, \quad \sum_{s'} q_{ss'}^{mm'} = 1 \quad \dots\dots\dots (5. 2. 54)$$

したがって、この方法は従来の状態空間のとらえ方を“目的”だけでなく“目的・モード”に拡張したもののといえ、前述の方法に比べてその現況再現性の精度の向上は期待できる。しかしながら、将来推計にあたってあらかじめ推計しなければならない遷移行列(P^{ms} , $Q^{mm'}$)が非常に多くなるため、その実用性は乏しいと言わざるを得ない。近藤(1977)は、これらの議論を踏まえ、トリップチェーンにおけるモーダル・スプリットの表現に関する2つのタイプ、すなわち、Post-distribution type と Pre-distribution type との構造比較を通じて、より一般的な記述法について考察した。それは、もし(i, j)間における自動車利用率 ρ_{ij} が発エンドの自動車利用率 μ_i 、着エンドでの自動車利用率 λ_j 、(i, j)間の調整の役目とゾーン間特性を表わすファクター θ_{ij} によって、次式にて与えられたときには、トリップインターチェンジモデルとトリップエンドモデルとが等価な関係をもち得ることを示したものである。

$$\rho_{ij} = f(\mu_i, \lambda_j, \theta_{ij}) = \mu_i \lambda_j \theta_{ij} \quad \dots\dots\dots (5. 2. 55)$$

すなわち、従来からのこれら両モデルはまったく別の方法であるかのように考えられてきたわけであるが、交通機関別のOD分布量推計モデルとして重力モデルタイプを用い、その修正方法にはバランシングファクター法の乗積タイプのもを採用することによって、両モデルの等価性が式(5. 2. 45)が満足されるときに成立するというものである。このときのトリップチェーンにおけるモーダル・スプリットの概念は、図5-2-7のように描くことができる。

これは、ベイス*i*をトリップ目的*m*で出発し、ゾーン*j*に到着後、次にトリップ目的*m'*でゾーン*k*に向かうトリップチェーンに対して、その間のモーダル・スプリットのとらえ方に関する2つの考え方を示したものである。



図中(a)は、ゾーン間遷移行列としてパーソ 図5-2-7 トリップチェーンにおけるモーダルスプリット

ントリップの遷移確率 P^m を用いており、一方、図中(b)は自動車トリップに対しては P^A としてモード別のゾーン間遷移行列を用いている。両法において異っているのは、図(a)のトリップインターチェンジモデルタイプでゾーン間ファクター θ_{ij}^m と着エンド分担率 λ_j^m が導入され、その代り図(b)では機関別のゾーン間遷移確率となっている点である。これは、両法が式(5.2.55)の関係式を満たしていることを意味し、Post-distribution type と Pre-distribution type との等価性を示している。

以上の議論では、吸収マルコフ連鎖モデルの基本的な考え方と、それに機関分担プロセスをどのように導入しているかを従来の代表的なトリップチェーンモデルの紹介を通じて明らかにしてきた。要約すれば、トリップチェーンの記述に関しては、吸収マルコフ連鎖における状態遷移をトリップの連鎖性を規定するトリップ目的間遷移、ゾーン間遷移、そして機関分担を導入する場合にはさらにモード連関によってとらえる方法であるといえる。また、トリップチェーンにおけるモダール・スプリットは、それを導入していない場合のタイプのモデルを基本として、それを拡張・改良している点が大きな特徴となっている。ここでは、こうした考察を踏まえ、このマルコフ連鎖モデルの有効性と問題点について若干の補足説明を行っていきたい。まず、このようなアプローチの有効性あるいは特徴点をあげると、

- ① 上述のように、まず、トリップチェーンの諸性質の中で従来のトリップ単位で取扱っていくことの困難な“トリップの連鎖性”を明示的に記述できることが第1の特徴といえる。トリップの連鎖性は、1日の交通行動における各トリップの活動内容の相互依存関係や空間的制約あるいは交通機関特性といった様々な要因によって規定されるが、それらをモデル構造に簡明な形で取り入れることができる。
- ② 第2点としては、モデル構造全体のもつエレガントな側面が強調できる。これは、交通需要分析において必要な発生集中、OD分布、手段選択の各ステップをシステムティックに記述できることを意味し、また、その一般性も高いものと考えられる。したがって、とくに都市域の各トリップメーカーが織りなす交通行動パターンのもつ、定常的な性質が内包化された形で需要予測モデルが構築されているといえ、圏域におけるマクロな交通現象の把握にもその有効性は高いといえる。
- ③ なお、ここでは触れることはできなかったが、吸収マルコフ連鎖モデルの拡張として、Lerman (1978), Kitamura & Lam(1981)⁵⁴⁾によってマルコフ再生理論の適用がなされ、各ソージャーにおける滞在時間特性がトリップの連鎖性に及ぼす影響を考慮するなど、より精緻な確率論的記述の展開が議論されている点でもその分析フレームの汎用性が大きいと考えられる。

一方、その問題点としては、

- ④ 従来より指摘されている問題点としては、マルコフ性の仮定(忘却過程)の妥当性についてであろう⁵⁰⁾これは、状態推移の中で過去の履歴を問わないことへの批判であるが、その解決はまだなされていない。確かに個々のトリップメーカーすべてに対してこの仮定が成立するということは難し

いことであるが、重要なのはマクロな交通現象をこうした確率論的アプローチによってどの程度表現し得るかであって、その点での議論を今後に残していると解釈すべきであろう。

- ⑤ トリップチェーンの記述に関して訪問先の多いトリップチェーンの生成は、マルコフ連鎖モデルではまったく稀れな立ち回りの結果として表現できないことになる。例えば、業務トリップチェーンにおけるソージャー数が多いトリップ連鎖パターンでは、マルコフ連鎖における目的連鎖は業務から業務の遷移の連鎖を、モード連鎖もおそらく自動車から自動車への継続のもとで帰宅確率で除かれてしまう以外の立ち回りの連鎖として表現されることになる。しかしながら、前章やあるいは次節以降での実証的分析結果からわかるように、こうしたトリップチェーンの生成は単にトリップの連鎖性の側面だけで説明できるものでなく、トリップメーカーの属性や派生需要としての性質など他の要因によって大きく規定されるわけで、こうした問題点を克服していくことは難しい。
- ⑥ モデル構造は、手段選択プロセスの導入がはかられた場合はとくにその複雑さを免れられない。そのことはモデルの将来予測に際する検討を困難にすることになり、結果的にdescriptiveな現況再現モデルの位置づけを濃くさせることになる。通常の吸収マルコフ連鎖モデルの中で重要な役割を演じる目的連鎖行列に関しては、近藤(1978)がその将来予測方法を提案するなどこの問題への解決策が検討されている。しかしながら、トリップチェーンにおけるモーダル・スプリットの記述においては、その構造の複雑さゆえに現況再現のレベルにとどまっており、今後は簡略化のための多方面からのアプローチが必要といえよう。

5-3 パーソントリップチェーンにおける交通手段選択分析

5-3-1 概 説

前節では、交通手段選択プロセスにおける従来の諸研究の分類整理を中心とした議論がなされ、そこでのトリップチェーン的アプローチのもつ役割・位置づけが明らかにされた。そこで本節では、このような流れに立つ交通手段選択問題への諸研究の中から、手段選択の要因分析ならびに実態分析に類するいくつかを紹介することにより、次節以降の具体的な手段選択モデルの構築に必要な基礎的理解を深めることにする。

具体的な分析に入る前に、まず従来の手段選択要因あるいはそのメカニズムの解明のための分析事例のうち、モーダル・スプリット問題の本質的な部分にかかわる諸点を提起したいいくつかを述べることにし、本分析の背景を明らかにし、またそのねらいを示しておきたい。パーソントリップ法の中で交通機関分担プロセスの果たす役割の重要性が増すにつれて、おのおののトリップにおける手段選択の要因やそのメカニズムの解明を目的とした研究は数多く見られるが、その分析視点に明確な意図を持ち、この種の問題の本質に言及したと評価できる研究として、近藤・北村(1974)、北村・酒井・上野(1976)、

近藤(1977)による一連の研究があげられよう。これらは、都市域の人の動きにおける手段選択を眺めていく上で重要な分析フレームを提供していると考えられるので、そこでの中心的な論点について考察していくことにする。すなわち、そこではモダル・スプリット問題の分析視点として「選択の自由性」(freedom of choice)という仮定をはずし、トリップ発生時における「制約」に着目していることがあげられる。ここで、近藤(1977)⁶⁵⁾によれば考慮されるべき重要な「制約」として次の3点を提示している。

- 1) 空間的制約 (spatial restraints)……交通ネットワークならびに交通施設容量等のトリップの
発エンド、着エンドに関する制約
- 2) 組織的制約 (institutional restraints)……世帯、勤務先等の社会・経済的組織において固有
に課せられた制約
- 3) 個人的制約 (individual restraints)……主として個人属性に含まれるもので、荷物がある、
子供連れの母親などに関連した制約

そして、これら3つの制約は互いに独立なものでなく、現実的には複雑にからみあっており、さらに、交通行政当局者にとっての役割とは、2)ならびに3)の制約を管理することはできず、交通施設の整備拡充を通じて、1)で示される制約要因を緩和し少しでも「選択の自由性」の領域を増大させることに限定されているといえる。したがって、モダル・スプリットの手順としては、上記の3つの制約条件によって交通手段選択が拘束されたもの(captive 層)を先取りし、しかる後に残った層をもって合理的選択をなし得る層(choice 層)とみなし、これを交通機関の競合状態を陽な形で内在することができるODペアモデルの対象としていくことが妥当と考えられる。そこで、captive 層は、その利用手段がマストラのネットワーク、トリップ特性、個人属性などにより、他の交通機関との競合状況に関係なくあらかじめ決定されていると考えられるから、交通機関分担予測プロセスにおいてはまずこれらの構成比率の予測が主要な問題となる。近藤(1974,1977)の分析例においては、大阪市内の従業者の出勤・業務トリップに関する手段選択アンケート調査データを用い、まず、上記の諸制約に着目し各トリップ(あるいはトリップメーカー)の属するグループを次の3つのグループに分類し、次いで、各層のトリップメーカーの3グループへの

- (i) 代替手段のないトリップ……代替手段のない(すなわち、空間的制約)ことが選択理由となっている。
- (ii) 他律的選択トリップ……代替手段の有無に関係なく、個人的・組織的制約が選択理由となっている。
- (iii) 合理的選択トリップ……代替手段があり、かつ個人的・組織的制約よりも空間的制約を優先させたことが選択理由となっている。

帰属状況が数量化理論第Ⅱ類でもって判別分析された。また、他律的選択トリップについては、出勤時の車利用日数（1カ月間）あるいは業務の自動車利用率を外基準とした数量化理論第Ⅰ類の適用を行い、また、合理的選択トリップについては出勤および業務のそれぞれに対して abstract 型と mode 型の2つのタイプのロジットモデルの適用を試みている。これらの分析の結論としては、次の3点に要約できよう。（以下は近藤（1977）⁵⁵⁾より引用）

- 1) 何らかの制約下での交通手段の選択を行うトリップ、あるいは代替交通手段のないトリップが半数（出勤42%，業務49%）を占めるため、制約トリップと合理的選択トリップを分離して分析すべきであり、またそれによって合理的選択モデルの精度も向上する。
- 2) 業務および出勤トリップのいずれも、他律的に制約をうけるトリップの割合は職種に大きく依存することがわかり、制約トリップの先取り分をこれらと関連させて分析する必要がある。
- 3) 業務トリップの交通手段選択は、他律的選択トリップを除いて分析しても十分な精度を得ることはできず、交通手段の競合特性とは異なった次元で選択がなされている可能性がある。したがって、これまでと全然異なった角度からの接近法が要請されよう。したがって、業務トリップの分析においてはODペアモデルがあまり有効でなく、全域モデルないしトリップエンドモデルが有効であろう。

結局、都市域の人の動きにおける交通機関選択が種々の制約下のもとでなされており、それらと合理的選択的なものとの分離が必要であること、そして個々のトリップメーカーにとって支配的となっている手段選択要因の抽出・分析を進めることによって、こうした captive 層と choice 層の区分の可能性が示唆されたといえよう。

そして、北村・酒井・上野（1976）⁵⁶⁾の研究においても、先に示した分析視点がさらに具体的な形で検討されたが、そこではとくに交通機関選択における個人属性の重要性が強調されている。それは、自動車に関する以下に示される諸性質を背景としている点で、モダリティ・スプリット問題の本質に立入った議論を前提としているといえる。すなわち、北村・他（1976）によれば

- (i) 自動車は個別に所有される機関である
- (ii) 自動車と他の公共輸送機関の間には、質的な差異（個別性、随意性）が存在し、各個人における対応の仕方が異なる。
- (iii) 自動車を最初に用いた連鎖するトリップでは、一貫して最後まで自動車を利用する確率が高い。
- (iv) 制約的要因（例えば、荷物輸送を伴う業務トリップ）で自動車を利用する場合がある。

などの諸点をあげ、他の交通機関との競合条件やネットワークの整備水準のみからモダリティ・スプリットを論じることの不適切性を示している。しかしながら需要予測を行おうとする場合には、個人の選択時の偶発的要因を逐一分析に取入れることは不可能であるため、個人属性を含む disaggregate な分析を

通じてトリップメーカーの層別化を行い、それを踏まえた予測モデルの構築が志向されるべきであると指摘している。この分析例では、京都市内にODを有する通勤及び自由トリップのそれぞれについて、個人属性からの機関選好特性と利用機関特性に関する諸要因に対し正準相関分析の手法の適用を試みている。そして、その結果としての個人属性と機関特性を構成する各要因に与えられる偏相関係数の大きさ等から、手段選択要因の抽出および機関選択の現象の解明を検討したものになっている。

これらの研究の展開では、個別な選好特性が交通機関の選択構造に支配的であるとして、合理的選択モデルの意図する他の交通機関との競合状態を念頭に置いていないこと、すなわち、「制約下の交通機関選択」に注目していることが理解できる。また、この一連の研究の中で逆説的に明らかとなった点として、業務トリップに関しては、合理的選択モデルによるアプローチばかりでなく、制約トリップとみなしたアプローチによっても十分には説明できない性質を含むものと考えられることであろう。すなわち、それは、業務トリップにおける自動車利用特性に深く関係することであり、まさに“トリップチェーンの性質”が考慮されなければならないことを意味しよう。

本節における分析視点とは、上述のようなこれまでの研究事例が示すモーダルスプリット問題の本質的な部分を十分念頭に置きトリップチェーンの性質と交通機関選択との諸関係を明確にすることにある。すなわち、次項においては、手段選択問題を1日の交通行動全体の中で位置づけてみることにより、サイクル内第1トリップの手段選択においてトリップチェーンの諸性質がどのように影響を及ぼすかを分析することにし、さらに第3項では、従来の研究事例で問題となった業務トリップに関連して、業務トリップチェーンにおける自動車利用についてトリップチェーン的アプローチからの基礎的分析を行う。なお、第3項の実証的分析は、次章における交通手段選択モデル構築の際の基礎分析としても位置づけられるものである。

5-3-2 サイクル内第1トリップの利用交通手段に関する要因分析^{57), 58)}

ここでは、モーダル・スプリット問題の中での手段選択要因分析を1日の交通行動パターンに着目した形で試みることにする。

すなわち、実際のP.T調査で得られるトリップチェーンデータを用い、ホームベースサイクルにおける第1トリップの交通機関選択に関する要因分析を数量化理論Ⅱ類の適用によって行った。これは、サイクル内第1トリップでどの交通機関を選択するかに対して、当該サイクルの含まれるトリップチェーンの性質がどのように影響を及ぼすかを統計的な要因分析の側面から考察するものであり、また、従来のトリップ単位の分析で取り上げられている個人属性やトリップ特性を示す要因との相対的な関係についても明らかにすることをねらいとしている。

なお、分析対象データは、昭和53年度備後都市圏P.T調査におけるトリップチェーンデータである。また数量化理論Ⅱ類の適用にあたっては、外的基準として自動車・マストラの2モードを、説明要因に

は、個人属性・トリップ特性を示す要因の他にトリップ連鎖パターンを示すものとして1日全体のトリップ数、1日全体のサイクル数などを取上げた。分析の進め方については、第1トリップ目的別に見ていくことにし、①全目的の場合（ケース1）、②通勤目的の場合（ケース2）、③自由目的の場合（ケース3）の3ケースを検討した。なお、業務目的の場合は、本調査圏域における自動車利用の業務トリップが圧倒的に多く今回の分析対象から除外した。

分析結果として、ケース1については、各説明要因のレンジの順位の大きい順に、その値とカテゴリーウェイトを示し、ケース2、ケース3についても、カテゴリーウェイトの傾向が類似しているものの、同様にレンジの順位の大きい順に示した値を示す。（表5-3-1（その1）～（その3）、表5-3-2参照）これらより次の諸点がわかる。

<全目的(ケース1)>

表5-3-1（その1）より、自動車の保有・非保有が圧倒的に大きな規定力をもち、次いで職業・性別・年齢という個人属性およびトリップ特性を示すトリップ長が続く。これらの要因と比較して、トリップ連鎖パターン特性を示す要因はそれほど大きな規定力を持つとは言えない。また、各カテゴリーと交通機関の選択傾向との関係について見れば、レンジの比較的大きな要因はその対応関係も十分説明が可能であることがわかる。すなわち、自動車保有や男性というカテゴリーは自動車利用に、逆に自動車非保有や女性はマストラ利用に傾く。またトリップ長が長くなるほどマストラ利用に傾いたり、職業で主婦が自動車利用に傾いていることも、本調査の基礎集計結果からも裏付けられている。一方、トリップ連鎖パターン特性を示す要因については、1日全体のトリップ数においてトリップ数が増えると自動車利用に傾くことがわかる。これは、より多く立ち回るために機動力のある自動車を選択することによることを物語っていると言えよう。なお、1日全体のサイクル数は、レンジもかなり小さく、はっきりした性質を見出すことはできない。

<通勤目的(ケース2)>

表5-3-2（その2）より、レンジの上位を占める規定力の大きな要因は、ケース1と同様に自動車の保有・非保有やトリップ長などの個人属性とトリップ特性であり、逆にトリップ連鎖パターン特性を示す要因はかなりその規定力が小さい。この理由としては、通勤トリップが勤務先までの諸条件やトリップメーカー自身の属性に深く関連して交通機関選択がなされ、それ以後の勤務先をオフィスベースとした業務目的の立ち回りの影響はそれに比べて小さいことなどが考えられる。また、他のサイクルに比較してピストン型が多いことも、トリップ連鎖パターン特性の説明要因としての規定力を小さくしているのかもしれない。

<自由目的(ケース3)>

表5-3-2（その3）より、他のケースに比べ1日全体のトリップ数の要因が上位にランクされている

表5-3-1 (その1) 数量化理論Ⅱ類の適用結果

全目的(ケース1)

説明要因	カテゴリー	レンジ	得点	サンプル数
自動車の保有	1 保有	1.79762	0.47807	11082
	2 非保有		-1.31955	4015
トリップ長	1 0 ～ 20 分	0.66084	0.14360	8137
	2 21 ～ 40 分		-0.06990	4468
	3 41 ～ 60 分		-0.26649	1726
	4 61 分以上		-0.51724	766
職業	1 事務	0.31921	-0.00243	4029
	2 管理		0.02120	1163
	3 販売・技能・その他		0.05419	7049
	4 学生		-0.26501	1406
	5 主婦		0.02355	1002
	6 無職		-0.10687	448
性別	1 男性	0.17841	0.05432	10500
	2 女性		-0.12408	4597
年齢	1 5 ～ 19 才	0.13216	-0.08145	1474
	2 20 ～ 29 才		0.05091	3640
	3 30 ～ 39 才		0.03835	4424
	4 40 ～ 49 才		-0.00872	2996
	5 50 才以上		-0.08118	2563
目的	1 通勤	0.12182	-0.03016	8263
	2 通学		0.09166	1244
	3 業務		0.06270	2130
	4 自由		0.00046	3460
1日全体のトリップ数	1 2 トリップ	0.09530	-0.03643	7564
	2 3 トリップ		-0.02228	1015
	3 4 トリップ		0.03233	2854
	4 5 トリップ		0.05887	740
	5 6 トリップ以上		0.05553	2924
世帯人数	1 1 人	0.07911	-0.05066	553
	2 2 人		-0.05389	1576
	3 3 人		-0.01468	2689
	4 4 人		0.00303	4813
	5 5 人以上		0.02522	5466
当該サイクル 出発時刻	1 0:00 ～ 6:59	0.04818	-0.03455	1329
	2 7:00 ～ 8:59		0.00942	8926
	3 9:00 ～ 11:59		-0.01443	2034
	4 12:00 ～ 13:59		-0.02304	862
	5 14:00 ～ 16:59		0.00221	1046
	6 17:00 ～ 18:59		0.01373	580
	7 19:00 ～ 23:59		0.00188	320
1日全体の サイクル数	1 1 サイクル	0.01234	0.00349	10745
	2 2 サイクル		-0.00885	2906
	3 3 サイクル		-0.00813	1446

表5-3-1 (その2) 数量化理論Ⅱ類の適用結果
通勤目的(ケース2)

説明要因	カテゴリー	レンジ	得点	サンプル数
自動車の保有	1 保有	2.10078	0.38670	6742
	2 非保有		-1.71408	1521
トリップ長	1 0 ~ 20 分	1.10292	0.18258	4406
	2 21 ~ 40 分		-0.06537	2684
	3 41 ~ 60 分		-0.40302	891
	4 61 分以上		-0.92035	302
性別	1 男性	0.24675	0.05501	6421
	2 女性		-0.19174	1842
職業	1 事務	0.12191	-0.03554	3224
	2 管理		-0.03194	845
	3 販売・技能・その他		0.00831	1001
	4 農林漁業		0.08237	28
	5 運輸・通信		0.02958	452
	6 技能工・生産		0.06327	2186
	7 保安		-0.03768	61
	8 サービス		-0.03954	466
年齢	1 5 ~ 29 才	0.10615	0.03091	2657
	2 30 ~ 39 才		0.01915	2635
	3 40 ~ 49 才		-0.02440	1789
	4 50 才以上		-0.07524	1182
世帯人数	1 1 人	0.08518	-0.05192	331
	2 2 人		-0.04983	896
	3 3 人		-0.01224	1574
	4 4 人		-0.00460	2657
	5 5 人以上		0.03326	2805
第2トリップの目的	1 帰宅	0.06835	-0.00776	5817
	2 業務		0.04103	1638
	3 自由		-0.02732	808
1日全体のトリップ数	1 2 トリップ	0.06427	-0.01495	5048
	2 3 トリップ		0.00047	556
	3 4 トリップ		0.00702	1292
	4 5 トリップ		0.04932	313
	5 6 トリップ以上		0.04812	1054
1日全体のサイクル数	1 1 サイクル	0.04185	-0.00244	7218
	2 2 サイクル		0.02364	876
	3 3 サイクル以上		-0.01821	169

自由目的（ケース3） 表5-3-1（その3） 数量化理論Ⅱ類の適用結果

説明要因	カテゴリー	レ イ ン ジ	得 点	サンプル数
自動車の保有	1 保 有	1.69556	0.58903	2258
	2 非 保 有		-1.10652	1202
トリップ長	1 0 ～ 20 分	0.40641	0.09919	2221
	2 21 ～ 40 分		-0.13975	824
	3 41 ～ 60 分		-0.22286	265
	4 61分以上		-0.30722	150
年 齢	1 5 ～ 19 才	0.27997	-0.18302	163
	2 20 ～ 29 才		0.09695	183
	3 30 ～ 39 才		0.05124	1074
	4 40 ～ 49 才		-0.01078	592
	5 50才以上		-0.11171	848
職 業	1 事 務	0.23811	0.06005	491
	2 管 理		0.03941	131
	3 販売・技能・その他		0.00747	1226
	4 学 生		-0.17807	162
	5 主 婦		0.01414	1002
	6 無 職		-0.06500	448
1日全体のトリップ数	1 2 トリップ	0.16748	-0.08159	961
	2 3 トリップ		-0.04899	275
	3 4 トリップ		0.03655	1009
	4 5 トリップ		0.08589	273
	5 6 トリップ以上		0.03349	942
性 別	1 男 性	0.14415	0.07520	1655
	2 女 性		-0.06895	1805
当該サイクル 出発時刻	1 0:00～ 6:59	0.12095	0.07437	102
	2 7:00～ 8:59		-0.00858	670
	3 9:00～ 11:59		-0.00868	1125
	4 12:00～ 13:59		-0.04658	348
	5 14:00～ 16:59		0.00667	600
	6 17:00～ 18:59		0.04046	395
	7 19:00～ 23:59		0.01891	220
世 帯 人 数	1 1 人	0.11851	-0.07849	169
	2 2 人		-0.07433	470
	3 3 人		-0.03620	582
	4 4 人		0.02052	1043
	5 5 人 以 上		0.04002	1196
1日全体の サイクル数	1 1 サイクル	0.07914	0.00319	1517
	2 2 サイクル		-0.02949	1280
	3 3 サイクル以上		0.04965	663
第2トリップ の目的	1 通 勤 ・ 通 学	0.07106	0.03757	180
	2 業 務		0.02031	60
	3 帰 宅		0.00613	2520
	4 自 由		-0.03349	700

ことが特徴である。そして、やはり1日全体のトリップ数が多くなると自動車利用に傾いており、また当該サイクル出発時刻においては、午前中はマストラ利用、午後は自動車利用に傾く。さらに、自動車の保有・非保有を除けば、他の要因のもつ規定力にはそれほど差がないと言え、自由サイクルにおける第1トリップの交通機関選択が多様な要因のもとで決定されていると考えられよう。

また、全般的な傾向としては、従来の手段選択要因分析において大きな規定力をもつと考えられている個人属性、とくに職業、車の保有・非保有（免許の保有・非保有）、年収などとトリップ特性としての所要時間、トリップ長などが今回も上位にランクされているが、立ち回りの交通行動パターンが多く含まれる自由トリップチェーンなどでは、1日のトリップ数といったトリップチェーンの性質を表現する要因がある程度規定力をもつことがわかった。本分析においては、業務トリップにおける自動車利用に関しては、外的基準にマストラ利用を取上げられないほど圧倒的に自動車利用に傾いていたため、こうしたアプローチからの要因分析ができなかったが、これについては、次項において別の角度から手段選択とトリップチェーンとの関係を明らかにしていきたい。

5-3-3 業務トリップチェーンにおける自動車利用特性に関する実態分析

ここでは、1日の人の動きの中で昼間の事業所・勤務先を中心とした業務目的から成る一連のトリップにおける手段選択特性について実証的な分析を行う。すなわち、こうした業務トリップチェーンは都市域での経済活動の派生需要としての性質を有し、主に自動車の機関分担率が高いものと考えられるが、前項での従

表5-3-2 説明要因のレンジの順位 +
く全目的〉 ケース 1

順位	説明要因	レンジ
1	自動車の保有・非保有	1.79762
2	トリップ長	0.66084
3	職業	0.31921
4	性別	0.17841
5	年齢	0.13216
6	目的	0.12182
7	1日全体のトリップ数	0.09530
8	世帯人数	0.07911
9	当該サイクルの出発時刻	0.04818
10	1日全体のサイクル数	0.01234
サンプル数 { 自動車 10,910		
マストラ 4,187		
計 15,097		
相関比 $\eta^2 = 0.78969$		

く通勤目的〉 ケース 2

順位	説明要因	レンジ
1	自動車の保有・非保有	2.10078
2	トリップ長	1.10292
3	性別	0.24675
4	職業	0.12191
5	年齢	0.10615
6	世帯人数	0.08518
7	第2トリップの目的	0.06835
8	1日全体のトリップ数	0.06427
9	1日全体のサイクル数	0.04185
サンプル数 { 自動車 6,540		
マストラ 1,723		
計 8,263		
相関比 $\eta^2 = 0.71745$		

く自由目的〉 ケース 3

順位	説明要因	レンジ
1	自動車の保有・非保有	1.69556
2	トリップ長	0.40641
3	年齢	0.27997
4	職業	0.23811
5	1日全体のトリップ数	0.16748
6	性別	0.14415
7	当該サイクルの出発時刻	0.12095
8	世帯人数	0.11851
9	1日全体のサイクル数	0.07914
10	第2トリップの目的	0.07106
サンプル数 { 自動車 2,299		
マストラ 1,161		
計 3,460		
相関比 $\eta^2 = 0.79987$		

来の諸分析においてもその性質については十分な解明がなされていない。それは、トリップ単位としての業務トリップの手段選択に関して、トリップメーカーの職種などの個人属性が支配的な要因であると同時に、業務の内容を反映した制約下の選択構造をもつことなどが分析結果として類推できるものの、そのような個人属性や制約を考慮してもなおかつ、手段選択の十分な表現がなされていない点を如実に物語っている。したがってここでは、トリップ単位といったアプローチでなく、1日の一連の動き、すなわち、トリップチェーンを単位とした分析フレームを用いることにより手段選択構造を明らかにしていくことにする。

具体的な分析対象データは、昭和55年度京阪神都市圏P.T.調査データより抽出された大阪市関連業務トリップチェーンである。そこでまず、分析に先立ち、同圏域におけるトリップチェーン内の利用手段構成を眺めておくことにする。すなわち、P.T.調査における交通手段の小分類から、徒歩・二輪、自動車、公共輸送機関（鉄道、路線バス、タクシーなど）、その他の4分類に統合し、次いでトリップチェーン内の各サイクル単位での利用手段構成をO.B、H.Bといったベイスを中心に調べてみることにし、その結果を図5-3-1に示す。これより、各サイクル内での代表交通手段が単一のもとで占められるかあるいはいくつかの異なった交通手段の混合が多く見られるのかを知ることができる。これより、何らかの形で混合型となっている割合は、H.BからO.Bへの流動において0.8%と非常に小さい値を示しているのを例外として、他のO.B上、H.B上、そしてO.BからH.Bへの流動のそれぞれでは約6%ほどであることがわかる。これは、H.BからO.Bへの流動が出勤・通学トリップの場合が主であるため、その間の複数トリップの生成が少なく代表交通手段で見ると単一手段の利用形態の割合が多いことによるものである。また、O.BあるいはH.B上でのサイクルにおいても利用手段の混合割合は量的に問題になるほどでないと考えられる。そして、O.B上とH.B上における交通手段構成をみると、自動車のみでサイクル内を立ち回るという利用形態がO.B上で27.4%、一方H.B上では5.8%となっており、やはり業務トリップから成る業務トリップチェーンにおける自動車利用の特徴が反映しているといえる。

なお、ここでの集計分析はサイクル単位によってなされているが、これは、ベイスを活動の拠点として位置づけた場合に、その活動内容がサイクル単位で眺めた方が把握し易く、またそれによって交通手段も異ってくると考えられるためである。そこで、サイクル間の利用交通手段の連関を見ておくことにし、O.B上とH.B上のそれぞれについて先行サイクルの第1トリップにおける利用手段と後続サイクルにおける第1トリップ利用手段との連関表を表5-3-3に示すように算定した。これより、単一手段としての自動車利用割合の高いO.B上においては、先行サイクルで自動車利用であったが、そのまま後続サイクルでも継続している割合が72.1%と、H.B上における45.9%に比較してはるかに高い値を示していることがわかる。ただし、O.Bにおいては徒歩・二輪あるいは公共輸送機関から自動車への連関の割合も24.3%、12.9%とある程度の割合を持つものといえ、やはりサイクルの生成が新たに自動車利

① O.B. 上

徒歩・二輪	53.2	自動車	27.4	公共輸送機関	13.1
			混合6.1 その他0.2		

543,657 サイクル

④ H.B. からO.B.

徒歩・二輪と公共輸送機関	54.6	徒歩・二輪と自動車	24.3	自動車と公共輸送機関	16.9
			3モード以上 4.3		

33,163 サイクル

② O.B. 下

徒歩・二輪	71.6	自動車	5.8	公共輸送機関	17.1
			混合5.4		

1,000,486 サイクル

③ H.B. 上

徒歩・二輪	29.6	自動車	14.4	公共輸送機関	55.3
			混合0.8		

2,686,987 サイクル

④ H.B. 下

徒歩・二輪と公共輸送機関	62.8	徒歩・二輪と自動車	10.6	自動車と公共輸送機関	23.0
			混合3.6		

19,746 サイクル

② H.B. 上	1,000,486 サイクル
----------	----------------

徒歩・二輪	公共 自動車 輸送機関 混合
71.6	5.8 17.1
72.0	8.7 15.3

徒歩・二輪 自動車と公共輸送機関と自動車 公共輸送機関

54,207 サイクル

3モード以上 3.9

③ 自営業など
(H.B. = O.B.)

徒歩・二輪	72.0	8.7	15.3	
-------	------	-----	------	--

3モード以上3.9

54,207 サイクル

④ O.B.からH.B.

徒歩・二輪	29.3	14.5	51.0	混合
-------	------	------	------	----

2,686,987 サイクル

⑤ 公共輸送機関混合

徒歩・二輪	45.3	33.4	14.5 ^{6.7}	
-------	------	------	---------------------	--

222,370 サイクル

その他0.1

徒歩・二輪と 公共輸送機関	80.9	5.6	10.6	混合
------------------	------	-----	------	----

138,560 サイクル

3モード以上2.8

図5-3-1 サイクル内の交通手段構成(%)

用を必要とするような形でなされる場合のあることを示している。そのことは、自動車分担率あるいは自動車へのモーダル・チョイスを考えていく上でO.B上でのトリップチェーン全体としてとらえるべきか、あるいはサイクル単位で見えて差し支えないのかといった問題を提起している。例えば、トリップチェーン全体を念頭に置くべきとすれば、マルコフ連鎖モデルのように状態遷移をトリップ目的連関・モード連関・ゾーン遷移の3次元で記述することによって、O.B上での自動車利用の変化を追跡することが考えられる。この場合は、特に自動車利用の変化が先行トリップの目的などに大きく規定されることが前提となるわけであるが、さらにそうしたトリップの連続性がサイクルの新たな生成に関しては、別個のファクターを導入することができれば最も望ましい記述方法といえるかもしれない。しかしながら、複数サイクルの生成自体に関し、業務サイクルの生成以外で自由サイクルなどの他の目

的サイクルが複雑に絡りあって生成されることが稀れであり、また、サイクル間の連関性がそのモーダル・チョイスにそれほど影響しないとみなせるならば、サイクル単位に切り離して扱っても実用上問題とならないであろう。今回の分析においてはO.Bを中心にその業務トリップチェーンを対象としていることを考えると、後者のサイクル単位でのアプローチがそれほど問題になることはなく、また分析手順も簡略化できるので、以降では、個々のサイクルは互いに独立なものとして仮定することにする。

次に、具体的には大阪市関連パーソントリップチェーンデータを用いてO.B上での業務サイクルについてサイクル内ソー Jourナ 数別にみた自動車利用特性を検討していくことにしよう。図5-3-2、表5

表5-3-3 サイクル間での第1トリップ手段の関係
O.B上

後続 サイクル 先行 サイクル	徒 歩 ・ 二 輪	自 動 車	公 共 輸 送 機 関	合 計
徒 歩 ・ 二 輪	28,351 (54.4)	12,678 (24.3)	11,057 (21.2)	52,086 (100.0)
自 動 車	7,686 (23.7)	23,324 (72.1)	1,353 (4.2)	32,363 (100.0)
公 共 輸 送 機 関	5,509 (48.9)	1,457 (12.9)	4,306 (38.2)	11,272 (100.0)

H.B上

後続 サイクル 先行 サイクル	徒 歩 ・ 二 輪	自 動 車	公 共 輸 送 機 関	合 計
徒 歩 ・ 二 輪	127,342 (86.9)	4,120 (2.8)	15,027 (10.3)	146,489 (100.0)
自 動 車	4,801 (44.5)	4,955 (45.9)	1,040 (9.6)	10,796 (100.0)
公 共 輸 送 機 関	19,199 (76.6)	1,494 (6.0)	4,360 (17.4)	25,053 (100.0)

O.B=H.B

後続 サイクル 先行 サイクル	徒 歩 ・ 二 輪	自 動 車	公 共 輸 送 機 関	合 計
徒 歩 ・ 二 輪	25,755 (79.7)	3,056 (9.5)	3,502 (10.8)	32,313 (100.0)
自 動 車	3,920 (22.1)	12,690 (71.5)	1,127 (6.4)	17,737 (100.0)
公 共 輸 送 機 関	2,500 (54.5)	667 (14.5)	1,419 (30.9)	4,586 (100.0)

その他は除く、()内は%

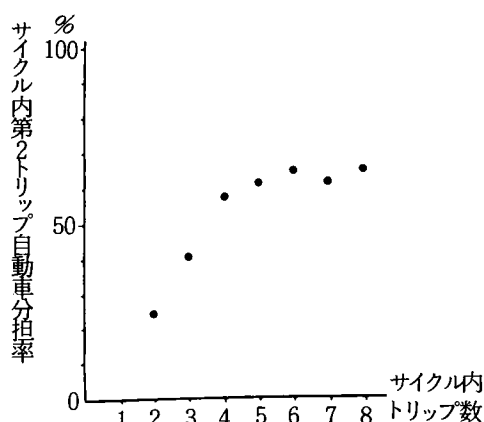


図5-3-2 (その1) サイクル内トリップ数別第1トリップ自動車分担率 (同乗有)

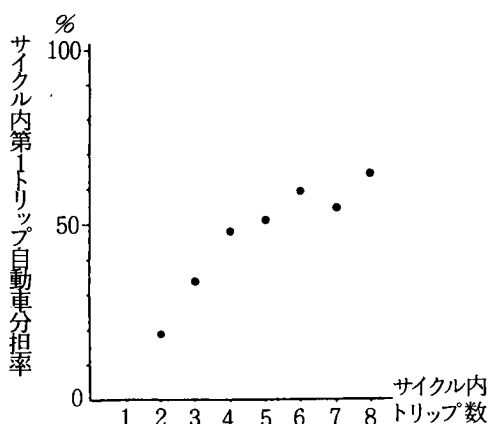


図5-3-2 (その2) サイクル内トリップ数別第1トリップ自動車分担率 (同乗無)

表5-3-4 サイクル内第1トリップの自動車分担率
(その1) 同乗有

サイクル内トリップ数	第1トリップ自動車利用サイクル数	サイクル総数	第1トリップ自動車分担率 (%)
2	110480	443934	24.9
3	23536	57759	40.7
4	14255	24636	57.9
5	5585	9049	61.7
6	3232	5021	64.4
7	1285	2079	61.8
8	364	567	64.2
計	159120	543657	29.3

(その2) 同乗無

サイクル内トリップ数	第1トリップ自動車利用サイクル数	サイクル総数	第1トリップ自動車分担率 (%)
2	82183	443934	18.5
3	19053	57759	33.0
4	12009	24636	48.7
5	4602	9049	50.9
6	2955	5021	58.9
7	1110	2079	53.4
8	364	567	64.2
計	122569	543657	22.5

注) ただし、上記2表中の計には、サイクル内トリップ数9以上のものを含んでいる。

表5-3-4はサイクル内ソージャー数によって類型化される立ち回りパターンのおのおのについて、サイクル内ソージャー数別第1トリップ自動車分担率を、自動車利用形態 (同乗を含めた場合、同乗を含めない場合) ごとに示したものである。これより、自動車利用形態に関係なく、サイクル内ソージャー数が多くなる立ち回りパターンほどその第1トリップの自動車分担率が大きいことがわかる。また、同乗を含めた場合とそうでない場合とを比較すれば、ソージャー数の増加に伴う自動車分担率の変化に若干の差異が見られる程度であり有意なものとはいえない。次に、第1トリップの自動車分担率だけでなく、サイクル内ソージャー数別に当該サイクル内の各トリップ番目における自動車分担率を図5-3-3、表5-3-5に示す。これは各トリップ番目での自動車分担率の推移を眺めたものであるが、第1トリップにおける自動車分担率の値とほとんど変動のないことが示されており、業務サイクルにおけるモデル・スプリットでは、サイクル内第1トリップの自動車分担率を的確に推計することが重要であ

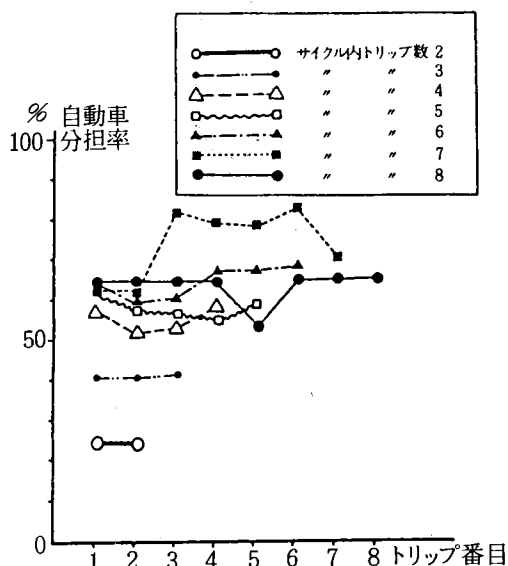


図5-3-3(その1)
サイクル内トリップ数別各トリップ番目の自動車分担率(同乗を含む)

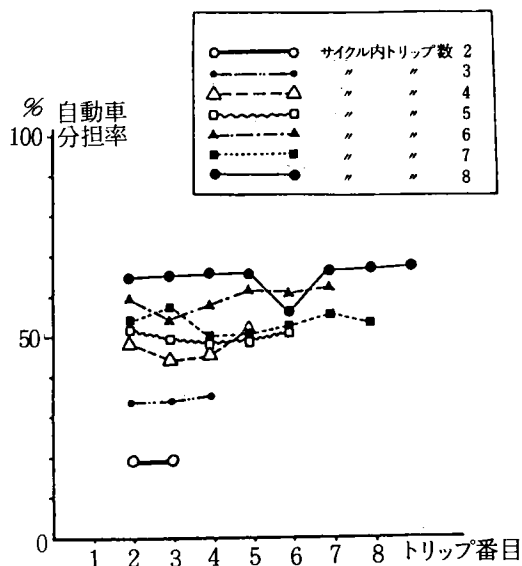


図5-3-3(その2)
サイクル内トリップ数別各トリップ番目の自動車分担率(同乗を含まない)

表5-3-5(その1) サイクル内トリップ数別の各トリップにおける自動車利用数とその分担率(同乗有)

トリップ番目 サイクル内トリップ数	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
2	110480 (24.9)	108732 (24.5)							443934
3	23536 (40.7)	23578 (40.8)	23755 (41.1)						57759
4	14255 (57.9)	12720 (51.6)	13053 (53.0)	14363 (58.3)					24636
5	5585 (61.7)	5245 (57.9)	4999 (55.3)	4937 (54.6)	5247 (57.9)				9049
6	3232 (64.4)	2956 (58.9)	3036 (60.4)	3374 (67.2)	3386 (57.5)	3428 (68.3)			5021
7	1285 (61.8)	1285 (61.8)	1184 (56.9)	1222 (58.7)	1285 (61.8)	1221 (58.7)	1281 (61.7)		2079
8	364 (64.2)	364 (64.2)	364 (64.2)	364 (64.2)	298 (52.6)	364 (64.2)	364 (64.2)	364 (64.2)	567
TOTAL	159120 (29.3)								543657

注) 上表中 上段:自動車利用トリップ数
下段:自動車分担率(%)

表 5-3-5 (その 2) サイクル内トリップ数別の各トリップにおける自動車利用数とその分担率 (同乗無)

トリップ 番目 サイクル内 トリップ数	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
2	82183 (18.5)	81705 (18.4)							443934
3	19053 (33.0)	19086 (33.0)	19723 (34.1)						57759
4	12009 (48.7)	10627 (43.2)	10913 (44.3)	12245 (49.7)					24636
5	4602 (50.9)	4428 (48.9)	4242 (46.9)	4343 (48.0)	4483 (49.5)				9049
6	2955 (58.9)	2667 (53.1)	2839 (56.5)	3016 (60.1)	2961 (59.0)	3046 (60.7)			5021
7	1110 (53.4)	1169 (56.2)	1009 (48.5)	1007 (48.4)	1049 (50.5)	1108 (53.3)	1049 (50.5)		2079
8	364 (64.2)	364 (64.2)	364 (64.2)	364 (64.2)	298 (25.6)	364 (64.2)	364 (64.2)	364 (64.2)	567
TOTAL	122569 (22.5)								543657

注) 上表中 上段: 自動車利用トリップ数
下段: 自動車分担率 (%)

ることを示している。また、同様の集計分析を前述の備後都市圏 P.T. 調査⁶¹⁾におけるトリップチェーンデータを対象としたときの結果を図 5-3-4、表 5-3-6、図 5-3-5 に示すが、これによってもまったく同様の結果を得ることができ、手段選択に関するトリップチェーンモデルの可能性を示唆している。

次に、このようなサイクル内第 1 トリップの自動車分担率がソージャー数増加とともに大きくなることについて、前章で議論されたソージャー数選択率の概念を用いて説明したい。すなわち、ソージャー数選択率とは、全トリップチェーン数に対する当該ソージャー数をもつトリップチェーン数の割合として定義されるが、これを自動車利用 $P_T^A(s)$ とそれ以外の交

サイクル内第 1 トリップ自動車利用分担率

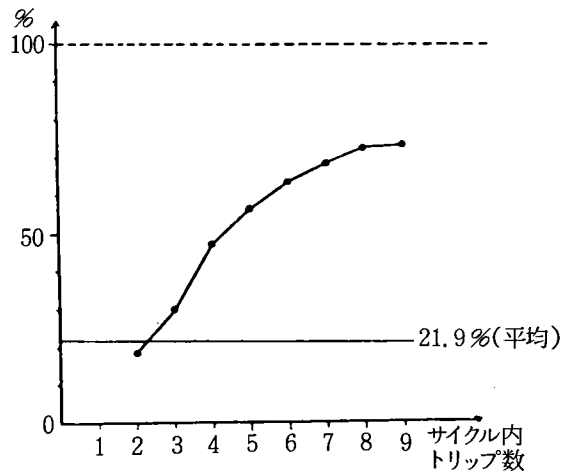


図 5-3-4 サイクル内トリップ数別第 1 トリップ自動車利用分担率 (全目的)

(注) 昭和 53 年度備後都市圏 P.T. 調査パーソントリップチェーンデータ)

自動車利用分担率

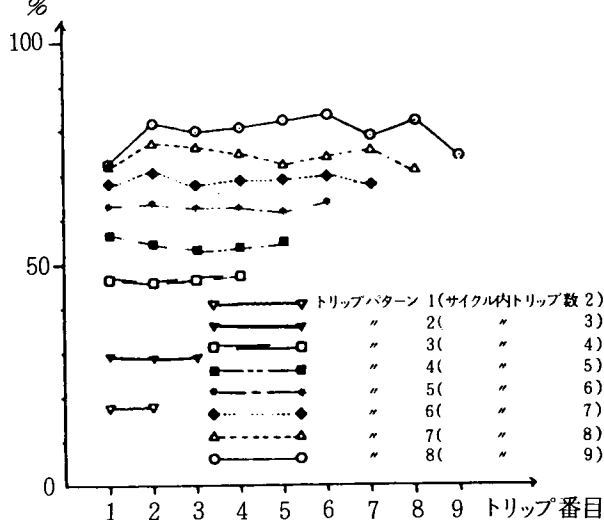


図5-3-5 トリップパターン別の各トリップ番号における自動車利用分担率

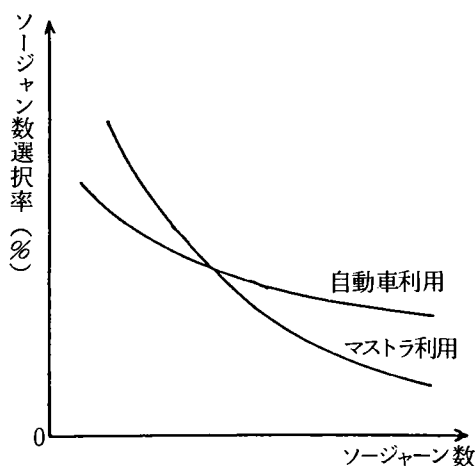


図5-3-6 ソージャー数選択率曲線の概形

通手段利用 $P_T^m(s)$ (以降マストラ利用と呼ぶ) の2者のそれぞれについて考えることにより自動車分担率の性質を説明しようというものである。

まず、自動車利用とマストラ利用のそれぞれのソージャー数選択率曲線の概形を図5-3-6に示す。ここで、自動車利用に関するソージャー数選択率曲線(曲線A)の勾配はマストラ利用の場合(曲線m)のそれに比して緩やかに描かれている。これは、ソージャー数選択率曲線が立ち回りの多寡を反映

したものであることから、自動車利用の立ち回り頻度がマストラ利用のときに比較して大きいためである。

今、サイクル内ソージャー数別自動車分担率 $\rho_i(s)$ (i はベイスゾーン, s はソージャー数) とすれば、その定義式は

$$\rho_i(s) \stackrel{\text{def.}}{=} \frac{i \text{ ゾーンをベイスゾーンとしソージャー数が } s \text{ であるうち自動車利用を行ったサイクル数}}{i \text{ ゾーンをベイスゾーンとするソージャー数が } s \text{ 個をもつサイクルの総数}} \quad \dots\dots (5.3.1)$$

表5-3-6 サイクル内第1トリップ自動車利用分担率(サイクル内トリップ数別)

サイクル内トリップ数	自動車利用サイクル数	サイクル総数	第1トリップ分担率 (%)
2	101,002	555,449	18.2
3	14,002	47,175	29.7
4	14,310	30,757	46.6
5	4,803	8,517	56.4
6	4,271	6,723	63.5
7	2,453	3,599	68.2
8	2,440	3,390	72.0
9	595	821	72.5
計	143,875	656,431	21.9

となる。ここで i ゾーン発総サイクル数 T_i とし、サイクル内第 1 トリップにおける自動車分担率 μ_i とすれば、自動車利用で s 個のソージャーをもつサイクル数は、 $\mu_i T_i P_r^A(s)$ 、また、マストラ利用で s 個のソージャーをもつサイクル数は $(1-\mu_i) T_i P_r^m(s)$ で与えられる。したがって式 (5.3.1) の $\rho_i(s)$ はこれらを用いて、

$$\rho_i = \frac{\mu_i T_i P_r^A(s)}{\mu_i T_i P_r^A(s) + (1-\mu_i) T_i P_r^m(s)} = \frac{1}{1 + \frac{1-\mu_i}{\mu_i} \frac{P_r^m(s)}{P_r^A(s)}} \quad \dots\dots\dots (5.3.2)$$

ここでソージャー数選択率は、すべて 1 サイクルのみを考えているから、自動車利用の帰宅確率 P_A マストラ利用の帰宅確率 P_m を用いて、

$$\left. \begin{aligned} P_r^A(s) &= P_A (1-P_A)^{s-1} \\ P_r^m(s) &= P_m (1-P_m)^{s-1} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (5.3.3)$$

と書くことができ、したがって式 (5.3.2) はさらに変形され、次式となる。

$$\rho_i(s) = \frac{1}{1 + \frac{1-\mu_i}{\mu_i} \frac{P_m}{P_A} \left(\frac{1-P_m}{1-P_A} \right)^{s-1}} \quad \dots\dots\dots (5.3.4)$$

式 (5.3.4) の右辺において $\tau_i = \frac{1-\mu_i}{\mu_i}$ 、 $\tau = \frac{P_m}{P_A}$ 、 $\theta = \frac{1-P_m}{1-P_A}$ とおけば、

$$\rho_i(s) = \frac{1}{1 + \tau_i \tau \cdot \theta^{s-1}} \quad \dots\dots\dots (5.3.5)$$

となる。ここで、 $1 > P_m > P_A > 0$ と考えてよいから、 $0 < \theta < 1$ 、 $\tau > 0$ より、

$$\frac{d\rho_i(s)}{ds} > 0, \quad \frac{d^2\rho_i(s)}{ds^2} < 0 \quad \dots\dots\dots (5.3.6)$$

であり、ソージャー数別自動車分担率はソージャー数の増加とともに逓増的に変化することがわかる。

このようにサイクル内ソージャー数別第 1 トリップの自動車分担率が、利用交通手段別ソージャー数選択率を用いてその性質を説明できることがわかったので、ここでは、具体的に実際のデータを用いてソージャー数選択率の利用交通手段による差異あるいは帰宅確率における両者の差異などを検証しておくことにする。まず、表 5-3-7 は、自動車利用およびマストラ利用のそれぞれのソージャー

表5-3-7 手段別ソージャー数選択率

サイクル番目	第1サイクル						第2サイクル					
	全手段 チェーン数	(%)	自動車 チェーン数	(%)	自動車 以外 チェーン数	(%)	全手段 チェーン数	(%)	自動車 チェーン数	(%)	自動車 以外 チェーン数	(%)
1	145940	71.4	60496	67.5	85444	74.5	29369	81.1	12683	75.6	16686	85.8
2	31640	15.5	13941	15.6	17699	15.4	4307	11.9	2420	14.4	1887	9.7
3	14875	7.3	8324	9.3	6551	5.7	1654	4.6	1033	6.2	621	3.2
4	6206	3.0	3240	3.6	2966	2.6	334	0.9	309	1.8	25	0.1
5	3218	1.6	2107	2.4	1111	1.0	342	0.9	231	1.4	111	0.6
6	1767	0.9	1035	1.2	732	0.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0
7	401	0.2	260	0.3	141	0.1	100	0.3	38	0.2	62	0.3
8	91	0.0	39	0.0	52	0.0	41	0.1	41	0.2	0	0.0
9	124	0.0	124	0.1	0	0.0	0	0.0			0	0.0
10	53	0.0	0	0.0	53	0.0	69	0.2			69	0.4
11	60	0.0	60	0.1	0	0.0						
計	204375	100.0	89626	100.0	114749	100.0	36216	100.0	16775	100.0	19441	100.0

数選択率を各サイクル番目ごとに求めたとき、その第1サイクルおよび第2サイクルについての結果である。

これより、ソージャー数が1個である場合が利用交通手段にかかわらず大きな割合を占めているがやはり自動車利用の方がその立ち回り頻度を反映してソージャー数選択率の遞減する割合が緩やかであるといえる。(図5-3-7参照) 次に、利用交通手段ごとにサイクル内の各トリップ番目における帰宅トリップ数とそれ以外(非帰宅トリップ数)を求めることにより、利用手段別帰宅確率を算定した。その結果の一部として第1サイクルおよび第2サイク

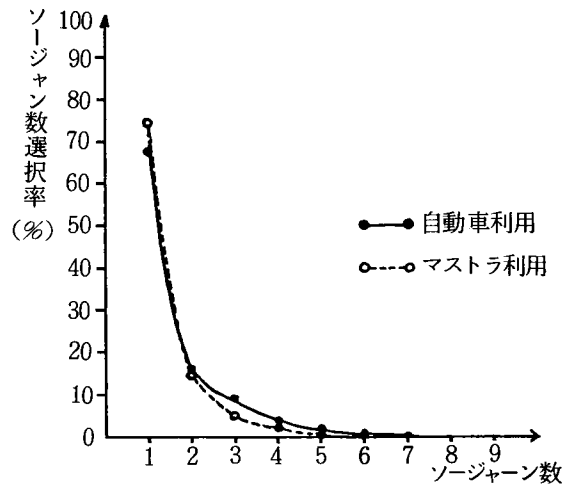


図5-3-7 利用手段別ソージャー数選択率(第1サイクル)

ルについての算定結果を表5-3-8に示す。なお、ここで帰宅トリップは、その着エンドがベースであるものを意味し、非帰宅トリップはそれ以外である。また、各トリップ番目の帰宅確率の算定方法は、たとえば、表5-3-8における第1サイクルでの全手段(自動車利用+マストラ利用)の場合で説明すれば、第1トリップで204,375人がベースを出発しており、そのうち第2トリップでベースへ戻った(すなわち、ソージャー数1のサイクルを生成したことになるが)のが145,940人で、残り58,435人

表5-3-8 (その1) 利用手段別帰宅確率 (第1サイクル)

手段	全 手 段			自 動 車 利 用			自動車以外利用		
トリップ 番目	非 帰 宅 トリップ数	帰 宅 トリップ数	帰宅確率	非 帰 宅 トリップ数	帰 宅 トリップ数	帰宅確率	非 帰 宅 トリップ数	帰 宅 トリップ数	帰宅確率
1	204375			90712			113663		
2	58435	145940	0.714	27695	60496	0.667	30740	85444	0.752
3	26795	31640	0.541	13942	13941	0.504	12853	17699	0.576
4	11920	14875	0.555	6659	8324	0.597	5261	6551	0.510
5	5714	6206	0.521	3587	3240	0.487	2127	2966	0.564
6	2496	3218	0.563	1458	2107	0.587	1038	1111	0.522
7	729	1767	0.708	483	1035	0.710	246	732	0.706
8	328	401	0.550	223	260	0.538	105	141	0.573
9	237	91	0.277	184	39	0.175	53	52	0.495
10	113	124	0.523	60	124	0.673	53	0	0.0
11	60	53	0.469	60	0	0.0		53	1.0
12		60	1.0		60	1.0			
計	311202	204375	0.675	145063	89626	0.618	166139	114749	0.691

表5-3-8 (その2) 利用手段別帰宅確率 (第2サイクル)

手段	全 手 段			自 動 車 利 用			自動車以外利用		
トリップ 番目	非 帰 宅 トリップ数	帰 宅 トリップ数	帰宅確率	非 帰 宅 トリップ数	帰 宅 トリップ数	帰宅確率	非 帰 宅 トリップ数	帰 宅 トリップ数	帰宅確率
1	36216			17175			19041		
2	6847	29369	0.811	4053	12683	0.738	2794	16686	0.876
3	2540	4307	0.630	1652	2420	0.597	888	1887	0.675
4	886	1654	0.651	568	1033	0.625	318	621	0.699
5	552	334	0.377	310	309	0.544	242	25	0.079
6	210	342	0.620	79	231	0.745	131	111	0.459
7	210	0	0.0	79	0	0.0	131	0	0.0
8	110	100	0.476	41	38	0.481	69	62	0.473
9	69	41	0.373		41	1.0	69	0	0.0
10	69	0	0.0				69	0	0.0
11		69	1.0					69	1.0
計	47709	36216	0.759	23957	16775	0.700	23752	19441	0.818

はさらにトリップを重ねている。

このとき第2トリップ番目（ソー
ジャー数1）における帰宅確率
は $145,940/204,375$ より 0.714 と
なるわけである。結局、帰宅確率
における両者の比較においても、
表5-3-9に示すように、 $P_A <$

P_m の関係が成立つことがわかり、前述のサイクル内ソー
ジャー数別第1トリップの自動車分担率の性質を説明するための前提条件が検証されたものと考えられる。

表5-3-9 自動車利用とマストラ利用との帰宅確率の比較

	自動車利用	マストラ利用
第2トリップ番目 (ソージャー数1) における帰宅確率	$P_{A1} = 0.667$	$P_{m1} = 0.752$
平均帰宅確率	第1サイクル $P_{A1} = 0.618$ 第2サイクル ($P_{A2} = 0.700$)	第1サイクル $P_{m1} = 0.691$ 第2サイクル ($P_{m2} = 0.818$)
	全サイクル $P_A = 0.635$	$P_m = 0.708$

5-4 自動車利用者数推計のためのトリップチェーンモデル

5-4-1 モデルの基本構造とその検証

本節では、前節第3項において検討された業務トリップチェーンにおける自動車利用特性に関する分析結果をもとに、トリップチェーンによる自動車利用者数推計モデルの構築を行い、具体的な適用例によるモデルの現況再現性を明らかにする。本モデルは、最終的には業務トリップの自動車利用とマストラ利用の2交通手段に関する発生集中量を推計するものであるが、その意味では、トリップ単位の従来のモデルの分類から言えばトリップエンドモデルに属するものである。またトリップチェーンの諸性質のうち、トリップ連鎖パターンを規定するサイクル内ソージャー数に着目したモーダル・スプリットを扱っている点が大きな特徴点としてあげることができる。これは、従来のマルコフ連鎖モデルの中でのトリップの連鎖性に重視する立場と若干異なり、業務トリップチェーンにおける交通手段選択がベースを出発するときに、その立ち回りパターンによって大きく影響を受けることを前提とした枠組となっているといえる。

そこで具体的なモデルの定式化とその適用に入る前に、本モデルの基本構造を明らかにするとともに実際のデータを用いたいくつかの実証的な考察を行っておきたい。すなわち、モデル構築の最初の段階から業務トリップの交通手段別発生集中量の推計を意図するのではなく、いわゆる全域モデル的に圏域全体での業務トリップチェーンを対象として交通手段別（自動車利用とマストラ利用）に総ソージャー数や総トリップ数を推計するモデルの定式化とその適用性を検証するわけである。

まず、本モデルの基本構造を議論する上で前提となっている仮定のいくつかを明らかにしておこう。
すなわち、

- ① 自動車利用に関して、サイクル内では交通手段の変更はないものとする。これは、自動車を利用してベースを出発したものはベースに戻るまで当該サイクル内のすべてのトリップに関して自動車

を利用し、一方、自動車を利用せずマストラを利用してベイスを出発したものはそのサイクル内で自動車を利用することはない。

② 自動車利用者およびマストラ利用者はそれぞれ各サイクル番目において一定の平均帰宅確率をもつ。 $(P_A$: 自動車利用者帰宅確率, P_m : マストラ利用者帰宅確率) ただし、各サイクル番目の第2トリップ番目とそれ以降のトリップ番目の帰宅確率を区別して取扱う場合は除かれる。この場合は、結局、ソージャー数数が1個のピストン型サイクルとそれ以外の巡回型サイクルにおける帰宅確率を別個に考えていることになる。

③ 自動車利用者およびマストラ利用者は、それぞれ一定のサイクル再起確率(C_A , C_m)をもつ。なお、この仮定は単にサイクルの新たな生成に関して交通手段別に考えているだけであり、サイクル間での交通手段の継続を意味するのではない。

④ 第1サイクル番目においてその第1トリップの自動車分担率(μ_A)は、ベイスゾーン属性およびトリップメーカー属性によって規定されると仮定する。

次に、これらの諸前提のもとで自動車利用者数の変化を各サイクル番目の各トリップごとに追った模式図を図5-4-1に示すが、これは以下のように説明することができる。すなわち、

第1サイクルにおける第1トリップの自動車利用者数は、総発生トリップチェーン数 TC として

$$\mu_A TC \quad \dots\dots\dots (5.4.1)$$

であり、また同様に考えて第1トリップのマストラ利用者数は $(1-\mu_A)TC$ となる。 $\mu_A TC$ のうち、第2トリップで帰宅する者(すなわち、ソージャー数数が1個のピストン型となる)は、帰宅確率 P_A によって、

$$\mu_A TC \cdot P_A \quad \dots\dots\dots (5.4.2)$$

となる。同様にマストラ利用 $(1-\mu_A)TC$ のうち、第2トリップで帰宅する者は $(1-\mu_A)TC \cdot P_m$ だから、これよりサイクル内ソージャー数数が1個のときの自動車分担率 $\rho(1)$ は、次式で与えられる。

$$\rho(1) = \frac{1}{1 + \frac{1-\mu_A}{\mu_A} \frac{P_m}{P_A}} \quad \dots\dots\dots (5.4.3)$$

一方、第2トリップで帰宅せずに立ち回った者のうち、第3トリップで帰宅した場合にソージャー数数が2個の立ち回りパターンが生成されることになるから、このときの自動車分担率は、

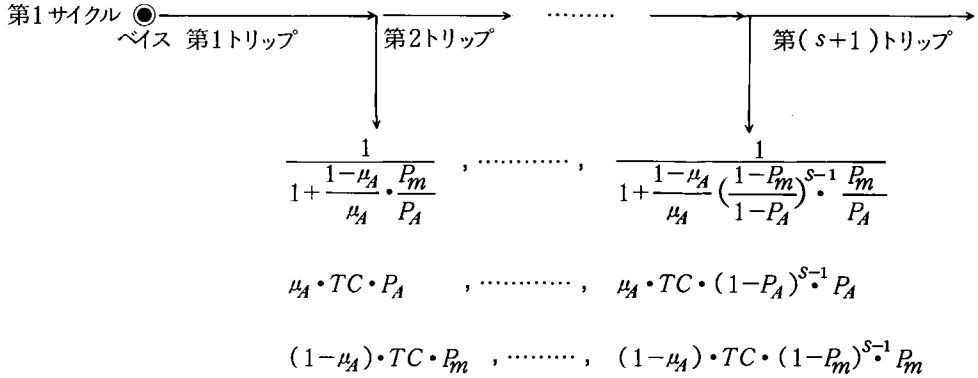
$$\rho(2) = \frac{1}{1 + \frac{(1-\mu_A)(1-P_m)}{\mu_A(1-P_A)} \frac{P_m}{P_A}} \quad \dots\dots\dots (5.4.4)$$

となる。

自動車利用率 μ_A , $\frac{1}{1 + \frac{1-\mu_A}{\mu_A} \cdot \frac{1-P_m}{1-P_A}}$, \dots , $\frac{1}{1 + \frac{1-\mu_A}{\mu_A} \left(\frac{1-P_m}{1-P_A}\right)^s}$

自動車利用者数 $\mu_A \cdot TC$, $\mu_A \cdot TC \cdot (1-P_A)$, \dots , $\mu_A \cdot TC \cdot (1-P_A)^s$

自動車以外利用者数 $(1-\mu_A) \cdot TC$, $(1-\mu_A) \cdot TC \cdot (1-P_m)$, \dots , $(1-\mu_A) \cdot TC \cdot (1-P_m)^s$



自動車利用率 $\frac{1}{1 + \frac{1-\mu_A}{\mu_A} \left(\frac{C_m}{C_A}\right)^{n-1}}$, \dots , $\frac{1}{1 + \frac{1-\mu_A}{\mu_A} \left(\frac{C_m}{C_A}\right)^{n-1} \cdot \left(\frac{1-P_A}{1-P_m}\right)^s}$

自動車利用者数 $\mu_A \cdot TC \cdot C_A^{n-1}$, \dots , $\mu_A \cdot TC \cdot C_A^{n-1} (1-P_A)^s$

自動車以外利用者数 $(1-\mu_A) \cdot TC \cdot C_m^{n-1}$, \dots , $(1-\mu_A) \cdot TC \cdot C_m^{n-1} (1-P_m)^s$

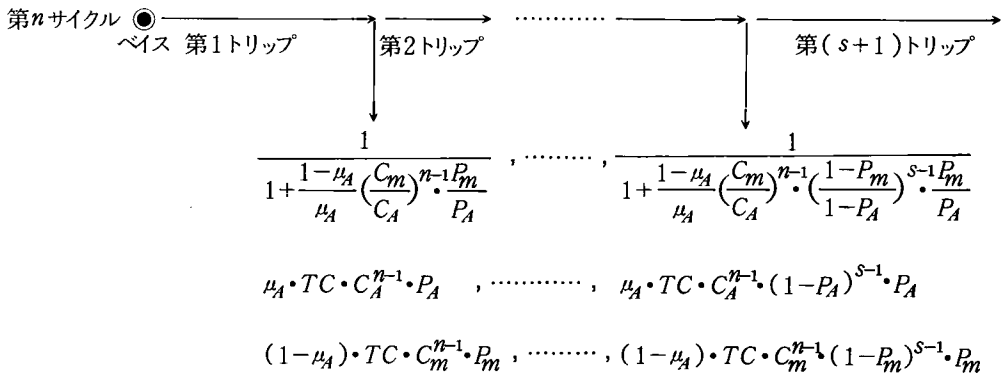


図5-4-1 自動車利用者数の変化の模式図

同様にしてソージャー数 s のときの自動車分担率 $\rho(s)$ は、次式にて書き表わされる。

$$\rho(s) = \frac{1}{1 + \frac{(1-\mu_A)}{\mu_A} \left(\frac{1-P_m}{1-P_A} \right)^{s-1} \frac{P_m}{P_A}} \quad \dots\dots\dots (5.4.5)$$

ところで、自動車利用の第1サイクル総ソージャー数 $TS^A(1)$ 、マストラ利用の第1サイクル総ソージャー数 $TS^m(1)$ ならびに自動車利用の第1サイクル総トリップ数 $TT^A(1)$ 、マストラ利用の第1サイクル総トリップ数 $TT^m(1)$ は、それぞれ定義式より次式によって与えられる。

$$TS^A(1) = \sum_{s=1}^{\infty} \{ S \cdot \mu_A TC (1-P_A)^{s-1} P_A \} = \mu_A TC \frac{1}{P_A} \quad \dots\dots\dots (5.4.6)$$

$$TS^m(1) = \sum_{s=1}^{\infty} \{ S (1-\mu_A) TC (1-P_m)^{s-1} P_m \} = (1-\mu_A) TC \frac{1}{P_m} \quad \dots\dots\dots (5.4.7)$$

$$TT^A(1) = \sum_{s=1}^{\infty} \{ (S+1) \mu_A TC (1-P_A)^{s-1} P_A \} = \mu_A TC \left(1 + \frac{1}{P_A} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.8)$$

$$TT^m(1) = \sum_{s=1}^{\infty} \{ (S+1) (1-\mu_A) TC (1-P_m)^{s-1} P_m \} = (1-\mu_A) TC \left(1 + \frac{1}{P_m} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.9)$$

次に第 n サイクルに関して、サイクル再起確率 C_A, C_m を用いることにより利用手段別にみた発生サイクル数を求めると、自動車利用の場合には $\mu_A TC \cdot C_A^{n-1}$ 、マストラ利用の場合で $(1-\mu_A) TC \cdot C_m^{n-1}$ となるから、これを第1サイクルにおける利用手段別発生サイクル数 ($\mu_A TC, (1-\mu_A) TC$) と置き換えれば、以下まったく同様にして自動車利用者数の変化を追跡することができる。このとき、第 n サイクルにおける利用手段別の総ソージャー数、総トリップ数は次式で与えられる。

$$TS^A(n) = \mu_A TC \cdot C_A^{n-1} \frac{1}{P_A} \quad \dots\dots\dots (5.4.10)$$

$$TS^m(n) = (1-\mu_A) TC \cdot C_m^{n-1} \frac{1}{P_m} \quad \dots\dots\dots (5.4.11)$$

$$TT^A(n) = \mu_A TC \cdot C_A^{n-1} \left(1 + \frac{1}{P_A} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.12)$$

$$TT^m(n) = (1-\mu_A) TC \cdot C_m^{n-1} \left(1 + \frac{1}{P_m} \right) \quad \dots\dots\dots (5.4.13)$$

また、上記の結果を用いて無限回のサイクルの再起を考えれば、利用手段別の総サイクル数、総ソージャー数、総トリップ数を表5-4-1に示される式によって得ることができる。

なお、上述の自動車利用者数の変化では、それぞれの交通手段についての帰宅確率はサイクル内の各

表5-4-1 利用手段別総サイクル数, 総ソージャー数, 総トリップ数

	自動車利用	マストラ利用
総サイクル数	$\mu_A TC \frac{1}{1-C_A}$	$(1-\mu_A) TC \frac{1}{1-C_m}$
総ソージャー数	$\mu_A TC \frac{1}{(1-C_A)P_A}$	$(1-\mu_A) TC \frac{1}{(1-C_m)}$
総トリップ数	$\mu_A TC \frac{1}{(1-C_A)} (1 + \frac{1}{P_A})$	$(1-\mu_A) TC \frac{1}{(1-C_m)} (1 + \frac{1}{P_m})$

トリップ番目で一定と仮定していたが, 前項の実態分析で見えてきたようにサイクル内ソージャー数が1個であるピストン型立ち回りパターンとソージャー数が2個以上の巡回型立ち回りパターンを区別するために, 帰宅確率を第2トリップとそれ以降のトリップの2種類を設けることにしたときには, 表5-4-1に示される結果は次の表5-4-2のように変形される。

表5-4-2 利用手段別総サイクル数, 総ソージャー数, 総トリップ数

	自動車利用	マストラ利用
総サイクル数	$\mu_A TC \frac{1}{1-C_A}$	$(1-\mu_A) TC \frac{1}{1-C_m}$
総ソージャー数	$\mu_A TC \frac{1}{1-C_A} \left\{ 1 + \frac{1}{P_A} (1-P_{A1}) \right\}$	$(1-\mu_A) TC \frac{1}{1-C_m} \left\{ 1 + \frac{1}{P_m} (1-P_{m1}) \right\}$
総トリップ数	$\mu_A TC \frac{1}{1-C_A} \left\{ 2 + \frac{1}{P_A} (1-P_{A1}) \right\}$	$(1-\mu_A) TC \frac{1}{1-C_m} \left\{ 2 + \frac{1}{P_m} (1-P_{m1}) \right\}$

注) 表中, P_{A1} : ピストン型立ち回りパターンにおける自動車利用のときの帰宅確率
 P'_A : 巡回型立ち回りパターンにおける自動車利用のときの帰宅確率
 P_{m1} : ピストン型立ち回りパターンにおけるマストラ利用のときの帰宅確率
 P'_m : 巡回型立ち回りパターンにおけるマストラ利用のときの帰宅確率

したがって, ここでの基本構造としては, ベ이스ゾーンから発生する第1サイクルの総数が与えられたときその第1トリップにおける自動車分担率を決め, それ以降の立ち回りについては利用手段ごとの帰宅確率によって推移するものと考えている。そして複数サイクルの生成に関しては, 第1サイクルにおいて利用した交通手段ごとにそれぞれサイクル再起確率を用いて説明しようというものである。

そこで, このような考え方にもとづき実際のデータから得られる帰宅確率, 第1トリップ自動車分担率, 発生サイクル数そしてサイクル再起確率を用いモデルの現況再現性の検証を行ってみたいことにする。まず, 帰宅確率を1種類とした場合をケース1とし, そしてピストン型と巡回型との帰宅確率を区別した場合をケース2として, それぞれにおいて用いた諸値を表5-4-3に示す。

次に, 表5-4-3に示された諸値を用い, 前述の自動車利用者数の変化の追跡手順に従って各ケース

表5-4-3 モデルの基本構造の検証のためのパラメータ値

基本パラメータ	パラメータ現況値	基本パラメータ	パラメータ現況値
帰宅確率 (ケース1) 自動車利用 マストラ利用 (ケース2) 自動車利用ピストン型 " 巡回型 マストラ利用ピストン型 " 巡回型	$P_A = 0.63589$ $P_m = 0.70832$	第1トリップ自動車分担率	$\mu_A = 0.44385$
		第1サイクル発生サイクル総数	$TC = 204,375$
	$P_{A1} = 0.68666$ $P'_A = 0.54394$ $P_{m1} = 0.77154$ $P'_m = 0.56040$	サイクル再起確率 自動車利用	$C_A = 0.18249$
		マストラ利用	$C_m = 0.15653$

表5-4-4 サイクル内各トリップの利用手段別非帰宅・帰宅トリップ (第1サイクル)

手段 トリップ 番目	自動車利用						マストラ利用					
	非帰宅トリップ			帰宅トリップ			非帰宅トリップ			帰宅トリップ		
	実績値	ケース1	ケース2	実績値	ケース1	ケース2	実績値	ケース1	ケース2	実績値	ケース1	ケース2
1	90712	90712	90712				113663	113663	113663			
2	27695	33029	28424	60496	57683	62288	30740	33153	25967	85444	80510	87696
3	13942	12026	12963	13941	21003	15461	12853	9670	11415	17699	23483	14352
4	6659	4379	5912	8324	7647	7051	5261	2821	5018	6551	6849	6397
5	3587	1595	2696	3240	2784	3216	2127	822	2206	2966	1999	2812
6	1458	580	1230	2107	1015	1466	1038	240	970	1111	582	1236
7	483	211	560	1035	369	670	246	70	426	732	170	544
8	223	77	256	260	134	304	105	20	187	141	50	229
9	184	28	117	39	49	139	53	6	82	52	14	105
10	60	10	53	124	18	64	53	2	36	0	4	46
11	60	3	24	0	7	29		1	16	53	1	20
12		1	11	60	2	13			7		1	9
13			5		1	6			3			4
14			2			3			1			2
15			1			1						1
16						1						

の計算値を求めた。ここでは、その結果の一部として、表5-4-4にそれぞれのケースでの第1サイクルの各トリップ番目における実績値と計算値との比較を示し、さらに表5-4-5では各サイクル番目ごとに推計される総ソー Jour ン数を、そして表5-4-6には総トリップ数を求めた結果を示す。これらより、

表5-4-5 モデルの適用結果（ソージャー数）

手 段	全 手 段			自 動 車 利 用			自動車以外利用		
サイクル 番 目	実績値	計算値 ケース1	計算値 ケース2	実績値	計算値 ケース1	計算値 ケース2	実績値	計算値 ケース1	計算値 ケース2
1	311162	303122	302967	145023	142654	142967	166139	160468	160000
2	47709	51151	51135	23957	26033	26090	23752	25118	25045
3	3939	8683	8681	2020	4751	4761	1919	3932	3920
4	857	1482	1483	428	867	869	429	615	614
5	398	254	255	344	158	159	54	96	96
6	245	44	44	191	29	29	54	15	15
7	53	7	7	53	5	5		2	2
8	53	1	1	53	1	1			
9	53			53					
計	364469	364744	364573	172122	174498	174881	192347	190246	189692

表5-4-6 モデルの適用結果（トリップ数）

手 段	全 手 段			自 動 車 利 用			自動車以外利用		
サイクル 番 目	実績値	計算値 ケース1	計算値 ケース2	実績値	計算値 ケース1	計算値 ケース2	実績値	計算値 ケース1	計算値 ケース2
1	515577	507497	507342	234689	233366	233679	280888	274131	273663
2	83925	85499	85481	40732	42589	42644	43193	42910	42837
3	7511	14489	14487	3973	7772	7782	3538	6717	6705
4	1610	2469	2470	856	1418	1420	754	1051	1050
5	796	424	423	688	259	259	108	165	164
6	490	73	73	382	47	47	108	26	26
7	106	13	13	106	9	9		4	4
8	106	3	3	106	2	2		1	1
9	106			106					
計	610227	610467	610292	281638	285462	285482	328589	325005	324450

- ① まずケース1とケース2との比較であるが、ケース1では自動車利用およびマスト利用の両者とも第2トリップにおける計算値が過大になっており、逆に第3トリップ以降は過小になっていることがわかる。これは帰宅確率の設定値がどのトリップ番目でも一定なものを用いているためである。一方ケース2は、ピストン型と巡回型に関し異なる帰宅確率を用いているため、それぞれの利用手段における各トリップ番目の帰宅トリップを見てわかるようにその適合度は向上している。
- ② また、表5-4-5、表5-4-6の各サイクル番目での適合度は、両ケースとも第1サイクル、第2サイクルで良好な結果を得ている。しかし、サイクル再起確率一定としているため第3サイクル以降でやや低下している。

5-4-2 モデルの定式化とその適用例

(1) モデルの定式化

前項においては、本モデルの基本構造がサイクル内の立ち回り特性にもとづく自動車利用者数追跡モデルであることが示された。ここではそれらの議論を踏まえて、業務トリップにおける自動車利用の発生集中量を推計するトリップチェーンモデルの定式化ならびに具体的な適用例を通じたモデルの有効性の検討を行っていききたい。

本モデルの定式化に入る前に、まず前項の基本構造をもとにどのような諸点がモデル構築の上で新たに検討される必要があるかを列挙しておくことにする。

- ① まず、モデルの中で用いられる説明変数のいくつかは、交通需要推計の上で内生変数として組み込む必要があると考えられるので、土地利用指標、社会経済指標ならびに交通条件を表現する諸指標などを用いて推定式を求めることにする。具体的には、サイクル内第1トリップの自動車利用分担率 μ がトリップメーカーの属する業種別に、かつベイスゾーン別に当該ベイスゾーンの土地利用指標・交通条件などを説明要因として、次式のような形式で推定される。

$$\mu^{(k\ i)} = f(X^{ki}) \quad \dots\dots\dots (5. 4. 14)$$

ここで例えば、 $f(X^{ki}) = a_0 + a_1 X_1^{ki} + a_2 X_2^{ki} + \dots\dots + a_n X_n^{ki}$

$\mu^{(ki)}$: サイクル内第1トリップ自動車利用分担率

(k 業種, i ベイスゾーン)

$X^{ki} = (X_1^{ki}, X_2^{ki}, \dots, X_n^{ki})$: k 業種トリップメーカーにとっての i ベイスゾーンに

関する土地利用指標、交通条件を表わす説明変数

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$: パラメータ

なお、この他の説明変数については、ベイスゾーン別発生サイクル数は業種別生成原単位により求めることにし、また、帰宅確率およびサイクル再起確率は、これまでの研究事例を踏まえて業種別にそれぞれの数値を求めている。

- ② 前項では、ベイスゾーンごとに発生する総ソージャー数や総トリップ数が求められただけで、それぞれのサイクル内のトリップがどのゾーンに着エンドを有するか、すなわちソージャーゾーンの分布を問うことはなかった。しかしながら、本モデルが利用手段別の発生集中量を推計することを目的としているので、このソージャーゾーン分布の決定は不可欠な検討課題といえる。そこで、前章においても同様にソージャーゾーン分布を決めるための方法論が議論されているので、ここではその中で、ベイスゾーンとソージャーゾーンとの相対的位置関係に着目した推定方法を用いることにする。すなわち、前章の基本モデルにおけるソージャーゾーン分布の決定に用いた

相対的アクセシビリティの考え方を今回も採用することにする。

- ③ そして、前項において検討されたケースとして、サイクル内立ち回りパターンに関してピストン型と巡回型での帰宅確率を区別するかどうかの2ケースがあり、その結果各ケースの現況再現性の比較において明らかなように、ピストン型と巡回型を分離して扱った方が適合度も良好であった。したがってここでは、ピストン型パターンと他の巡回型パターンが本来その立ち回りにおいて異ったものとしてとらえるべきであるという考え方に立つことにし、ピストン型パターンをあらかじめ先取りした形で取扱うことにする。そこで、帰宅確率のレベルで別扱いをするのではなく、業種別ベースゾーン別発生サイクル数に関し、すべての立ち回りパターンに占めるピストン型の割合を乗じることによって、その段階で分離してしまうわけである。

これらが前項の諸検討結果を踏まえ、かつ発生集中量推計モデルとしての枠組を有するために必要な検討の対象である。以下では、モデルの定式化を行う過程において、これらの諸点を具体的に明らかにしていきたい。まず、本モデルによる推計フローの概略は図5-4-2に示されるが、それは大別して次の5つのステップから成る。

ステップ1：発生トリップチェーン数の推計ならびにピストン型・巡回型立ち回りパターンの構成割合の決定

ステップ2：サイクル内第1トリップ自動車利用分担率の推計およびそれにもとづく第1サイクル利用手段別サイクル数推計

ステップ3：帰宅確率、サイクル再起確率を用いた総サイクル数および総ソージャー数数の推計

ステップ4：ソージャーゾーンの分布の推計

ステップ5：業務トリップの発生集中量の推計

以下、その概略を逐次説明していこう。

《ステップ1》

まずステップ1としては、圏域の各ベースゾーンにおいて発生する業務トリップチェーン数が推計される。これは当然のことながら、トリップメーカーの属する各業種の特性が大きく規定力をもち、それぞれの業種での業務内容が当該業種の外出率に反映されるとともに、ベースゾーン内での事業所規模構成あるいは従業員数などによってその量的な水準も決められるものと考えられる。前章における諸モデルでも同様の取扱い方に関する議論がなされており、各ゾーンの従業員数、事業所数、延床面積といった土地利用指標を説明要因とする回帰式が提案されていた。本モデルに関してもこれと同様にパラメータ推定を行うことも可能であるが、ここでは以下のステップで検討される自動車利用者数の変化の追跡が主題であるため、その現況値をそのまま採用することにし、新たな回帰式の同定化は行わないことに

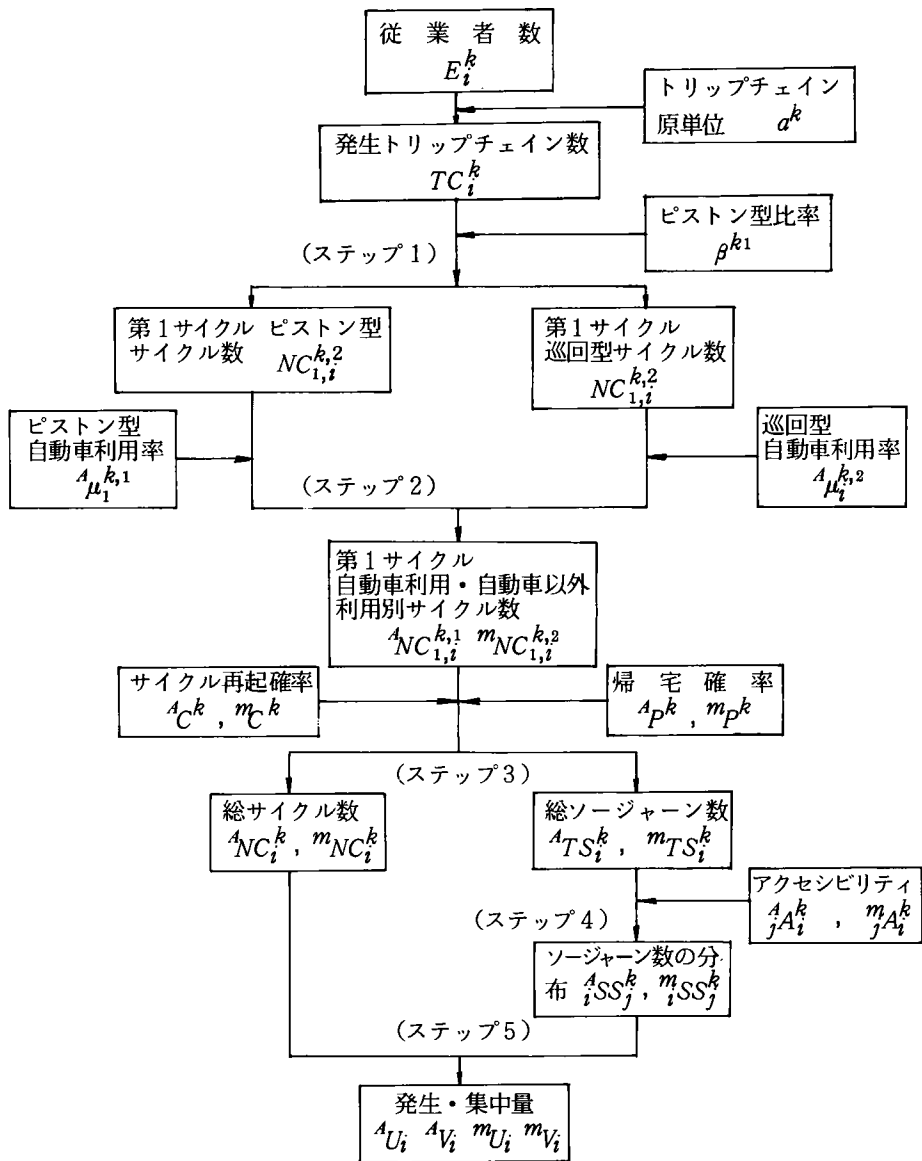


図5-4-2 モデルの推計フロー

する。次にピストン型と巡回型との分離に関してであるが、本モデルは業種別に取り扱っていくことを前提としているので、現況のデータより各業種の発生トリップチェーン数に占めるピストン型立ち回りパターンの割合を求め、この値をピストン型とそれ以外の分離比率として用いることにする。すなわち、 k 業種 i ベ이스ゾーンの発生トリップチェーン数 $TC^{(k,i)}$ ($=TC$:以後 k, i のサフィックスを省略) と

すれば、これは第1サイクルのサイクル総数 NC_1 に等しいことになるが、これにピストン型立ち回りパターン比率 $\beta^{(k)}$ ($=\beta$, 以後業種 k のサフィックスを省略)を乗じることにより、ピストン型および巡回型の第1サイクル数が得られる。

$$\left. \begin{aligned} PNC_1 &= \beta NC_1 && : (\text{ピストン型第1サイクル数}) \\ RNC_1 &= (1-\beta) NC_1 && : (\text{巡回型第1サイクル数}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.4.15)$$

《ステップ2》

次にステップ2においては、第1サイクルにおける利用手段別サイクル数をサイクル内第1トリップ自動車利用分担率を用いて推計する。この第1トリップ自動車分担率は、上述のピストン型と巡回型の2種類の立ち回りパターンのそれぞれについて、次式に示されるようなベイスゾーンの土地利用指標・交通条件などの説明要因の回帰式として推定される。

$$\left. \begin{aligned} \mu^{(k,i)} &= a_0^{(k)} + a_1^{(k)} (A^{(k,i)} / m_A^{(k,i)}) + a_2^{(k)} (C^{(k,i)} / E^{(k,i)}) \\ \mu'^{(k,i)} &= a_0'^{(k)} + a_1'^{(k)} (A^{(k,i)} / m_A^{(k,i)}) + a_2'^{(k)} (C^{(k,i)} / E^{(k,i)}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.4.16)$$

ここで、 $\mu^{(k,i)}$ ($=\mu$: k 業種 i ベイスゾーンピストン型立ち回りパターン、第1トリップ自動車利用分担率 (k,i) のサフィックス省略)

$\mu'^{(k,i)}$ ($=\mu'$: k 業種 i ベイスゾーン巡回型立ち回りパターン第1トリップ自動車利用分担率 (k,i) のサフィックス省略)

$A^{(k,i)} / m_A^{(k,i)}$: 自動車利用とマストラ利用とのアクセシビリティ比(k 業種 i ベイスゾーン)

$C^{(k,i)} / E^{(k,i)}$: 従業員1人当りの自動車保有台数(k 業種 i ベイスゾーン)

$a_0^{(k)}, a_1^{(k)}, a_2^{(k)}, a_0'^{(k)}, a_1'^{(k)}, a_2'^{(k)}$: パラメータ

そこで、式(5.4.16)で示される μ と μ' を用い、式(5.4.15)のサイクル数を乗じて、第1サイクルにおける利用手段別サイクル総数($A NC_1, m NC_1$)を求めると、

$$\left. \begin{aligned} A NC_1 &= \mu PNC_1 + \mu' RNC_1 = \{ \mu \beta + \mu' (1-\beta) \} TC \\ m NC_1 &= (1-\mu) PNC_1 + (1-\mu') RNC_1 = \{ (1-\mu) \beta + (1-\mu') (1-\beta) \} TC \end{aligned} \right\} (5.4.17)$$

《ステップ3》

次にステップ3に入り、まずサイクルの再起確率を用いて無限回の遷移を行ったときの発生する総サ

イクル数 (${}^A TNC, {}^m TNC$) を求めておく。今、利用手段別のサイクル再起確率を $C_A^{(k)}$ ($=C_A$: k 業種のサフィックス省略) および $C_m^{(k)}$ ($=C_m$) とすれば、次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} {}^A TNC &= \sum_{n=1}^{\infty} {}^A NC_1 \cdot C_A^{n-1} = {}^A NC_1 / 1 - C_A \\ {}^m TNC &= \sum_{n=1}^{\infty} {}^m NC_1 \cdot C_m^{n-1} = {}^m NC_1 / 1 - C_m \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.4.18)$$

ところで、サイクル内の立ち回りについては、ソージャー数 1 個のピストン型と巡回型とは分離して扱われており、ピストン型は前もって先取りされ、一方巡回型は利用手段別業種別帰宅確率 ($P_A^{(k)}, k$ 業種のサフィックス省略) および $P_m^{(k)}$ ($=P_m$) によって状態遷移をするものと仮定されている。したがって、ソージャー数別サイクル数を利用手段ごとに求めたいときも、ソージャー数が 1 個のときと 2 個以上のときは別個に求める必要がある。すなわち、ソージャー数が 1 個である自動車利用のサイクル数 ${}^A NC^{(k,i)}(1)$ ($={}^A NC(1)$: (k,i) のサフィックス省略) およびマストラ利用サイクル数 ${}^m NC^{(k,i)}(1)$ ($={}^m NC(1)$) は、

$$\left. \begin{aligned} {}^A NC(1) &= \mu \beta NC_1 + \mu \beta NC_2 + \dots\dots = \mu \beta NC_1 / 1 - C_A = \mu \beta TC / 1 - C_A \\ {}^m NC(1) &= (1 - \mu) \beta NC_1 + (1 - \mu) \beta NC_2 + \dots\dots \\ &= (1 - \mu) \beta NC_1 / 1 - C_m = (1 - \mu) \beta TC / 1 - C_m \end{aligned} \right\} \dots\dots (5.4.19)$$

となり、一方ソージャー数が s 個 ($s \geq 2$) の手段別サイクル数 ${}^A NC^{(k,i)}(s)$ ($={}^A NC(s)$), ${}^m NC^{(k,i)}(s)$ ($={}^m NC(s)$) は、利用手段別帰宅確率 (P_A, P_m) を用いて

$$\left. \begin{aligned} {}^A NC(s) &= \mu' (1 - \beta) NC_1(s) + \mu' (1 - \beta) NC_2(s) + \dots\dots \\ &= \mu' (1 - \beta) P_A (1 - P_A)^{s-2} (NC_1 + NC_1 C_A + NC_1 C_A^2 + \dots\dots) \\ &= \mu' (1 - \beta) P_A (1 - P_A)^{s-2} TC / 1 - C_A \quad (s \geq 2) \\ {}^m NC(s) &= (1 - \mu') (1 - \beta) NC_1(s) + (1 - \mu') (1 - \beta) NC_2(s) + \dots\dots \\ &= (1 - \mu') (1 - \beta) P_m (1 - P_m)^{s-2} TC / 1 - C_m \quad (s \geq 2) \end{aligned} \right\} \dots\dots (5.4.20)$$

と書き表わすことができる。

したがって、式 (5.4.19) および式 (5.4.20) を用いて利用手段別の発生する総ソージャー数 (${}^A TS^{(k,i)}$ ($={}^A TS$), (k,i) のサフィックス省略, ${}^m TS^{(k,i)}$ ($={}^m TS$), (k,i) のサフィックス省略) は、次式に

よって算定できる。

$$\left. \begin{aligned}
 {}^A TS &= \sum_{s=1}^{\infty} s \cdot {}^A NC(s) = {}^A NC(1) + \sum_{s=2}^{\infty} s \cdot {}^A NC(s) \\
 &= \mu \beta TC / 1 - C_A + [\mu' (1 - \beta) TC / 1 - C_A] \left\{ \sum_{s=2}^{\infty} s (1 - P_A)^{s-2} \right\} P_A \\
 &= \frac{TC}{1 - C_A} \left\{ \mu \beta + \mu' (1 - \beta) \left(1 + \frac{1}{P_A} \right) \right\} \\
 {}^m TS &= \sum_{s=1}^{\infty} s \cdot {}^m NC(s) = {}^m NC(1) + \sum_{s=2}^{\infty} s \cdot {}^m NC(s) \\
 &= (1 - \mu) \beta TC / 1 - C_m + [(1 - \mu') (1 - \beta) TC / 1 - C_m] \left\{ \sum_{s=2}^{\infty} s (1 - P_m)^{s-2} \right\} P_m \\
 &= \frac{TC}{1 - C_m} \left\{ (1 - \mu) \beta + (1 - \mu') (1 - \beta) \left(1 + \frac{1}{P_m} \right) \right\}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5. 4. 21)$$

《ステップ4》

前ステップまでで、業種別に各ベイスゾーンから発生したトリップチェーンによって生成される利用手段別の総サイクル数と総ソージャー数数が得られたわけであるから、ここでは、総ソージャー数を各ソージャーゾーンへ分布させることを考えることにする。すなわち、このソージャー分布については、前章のソージャー数選択率に着目した発生集中量推計モデルのときと同じように考えるとすれば、ベイスゾーンと各ソージャーゾーンとの相対的アクセシビリティを用いれば良いことになる。本モデルにおいてもやはりこの相対的アクセシビリティの考え方に従うことにし、次式によって利用手段別に各ソージャーゾーンへの分布量 ${}^A_{rSS_j^k}$ 、 ${}^m_{iSS_j^k}$ (k 業種 i ベイスゾーン)を求める。

$$\left. \begin{aligned}
 {}^A_{rSS_j^k} &= \frac{{}^A_{iA_j^k}}{{}^A_{A_i^k}} {}^A TS^{(k,i)} \\
 {}^m_{iSS_j^k} &= \frac{{}^m_{iA_j^k}}{{}^m_{A_i^k}} {}^m TS^{(k,i)}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5. 4. 22)$$

ここで、

- ${}^A_{iA_j^k}$: k 業種自動車利用のベイスゾーン i のソージャーゾーン j に対する相対的
アクセシビリティ
- ${}^m_{iA_j^k}$: k 業種マストラ利用のベイスゾーン i のソージャーゾーン j に対する相対的
アクセシビリティ
- ${}^A_{A_i^k} = \sum_j {}^A_{iA_j^k}$, ${}^m_{A_i^k} = \sum_j {}^m_{iA_j^k}$

さて、式(5.4.22)中の相対的アクセシビリティであるが、次式で示されるように業務トリップにおける発着エンド関係が各業種の用務内容を反映していることを念頭に置いた形式となっている。すなわち、

$${}_i^A A_j^k = AR_j \frac{Z_j^{k\alpha}}{A_{t_{ij}}^{\alpha}} \quad \dots\dots\dots (5.4.23)$$

AR_j : ソージャーゾーン j の面積

$A_{t_{ij}}$: ゾーン $i - j$ 間の時間距離 (自動車利用)

Z_j^k : k 業種にとっての j ゾーン単価面積当りの魅力度

α, r : パラメータ

ここで、 k 業種にとって j ゾーンのもつ単位面積当りの魅力度 Z_j^k は、当該ゾーンの業種別従業者数密度および夜間人口密度の重みづけ線形和 (重みづけが k 業種によって異なる) として次式によって与えられると仮定する。

$$Z_j^k = w_{k0} (N_j / AR_j) + \sum_h^K w_{kh} \cdot (E_j^h / AR_j) \quad \dots\dots\dots (5.4.24)$$

ここで、 $w_{k0}, w_{k1}, \dots, w_{kh}, \dots, w_{kK}$: k 業種にとって h 業種 ($h=0, 1, 2, \dots, K$) の重視度 (重み)

なお、この k 業種の各業種への重視度ベクトル $w_k = (w_{k0}, \dots, w_{kh}, \dots, w_{kK})$ は、業務トリップにおける発着エンドの業種間流動より次のようにして求めたものである。

$$w_{kh} = \frac{x_{kh}}{\sum_{h'} x_{kh'}} \quad \dots\dots\dots (5.4.25)$$

x_{kh} : k 業種発 h 業種着の業務トリップ数

$h=0$: 着エンドが住宅施設を指す

$h=1, \dots, K$: 着エンドが K 種類の業種施設のおおのを指す。

《ステップ5》

最後に、各ベースゾーンにおける発生サイクル数とステップ4で得られる各ゾーンへのソージャー数から、発生集中量へ変換するわけであるが、これは、前章の発生集中量推計モデルのときとまったく同様にすればよい。すなわち、利用交通手段別発生量 ${}^A U_l, m_{U_l}$ は、次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} {}^A U_l &= \sum_k \left\{ \sum_i {}^A SS_l^k + {}^A NC_l^k \right\} \\ m_{U_l} &= \sum_k \left\{ \sum_i m_i SS_l^k + m_{NC}^k \right\} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (5.4.26)$$

なお、本モデルではすべて完全トリップ連鎖パターンを前提としているため、 $A_{U_i} = A_{V_i}$, $m_{U_i} = m_{V_i}$ となり発生量と集中量は一致する。

(2) 適用例

ここでは、前述のモデルの定式化の手順に従って具体的な適用を行うことによって、その現況再現性ならびに自動車利用者数の変化の追跡の様を眺めていくことにする。具体的に取上げた対象地域は図5-4-3、表5-4-7に示すように、大阪市内を区単位の26ゾーンに分割した城内ゾーンと、大阪市外を17ゾーンに分割して計43ゾーンを設けている。また対象データは、第3章でも実態分析がなされた昭和55年度京阪神都市圏P.T.調査データより抽出

表5-4-7 ゾーン対応表

No.	市区町村	No.	市区町村
1	北区	27	池田市, 豊中市, 能勢町, 箕面市, 豊能町
2	東区	28	吹田市, 摂津市
3	南区	29	茨木市, 高槻市, 島本町
4	西区	30	枚方市, 交野市, 寝屋川市, 守口市
5	天王寺区	31	門真市, 四条畷市, 大東市
6	浪速区	32	東大阪市
7	福島区	33	八尾市, 柏原市
8	大淀区	34	堺市
9	大正区	35	和泉市, 高石市, 泉大津市, 忠岡町
10	港区	36	岸和田市, 貝塚市, 熊取町, 泉佐野市
11	此花区	37	田尻町, 泉南市, 阪南町, 岬町
12	西淀川区	38	尼崎市, 西宮市, 芦屋市
13	淀川区	39	神戸市
14	東淀川区	40	伊丹市, 宝塚市, 川西市, 猪名川町, 三田市
15	都島区	41	京都市, 京都府南部 (京都市より南の全市町村)
16	旭区	42	奈良県
17	城東区	43	和歌山県
18	鶴見区		兵庫県以西 (ただし 36, 37, 38 ゾーンは除く)
19	東成区		京都府, 三重県以东 (39 ゾーンは除く)
20	生野区		
21	東住吉区		
22	平野区		
23	西成区		
24	阿倍野区		
25	住吉区		
26	住之江区		

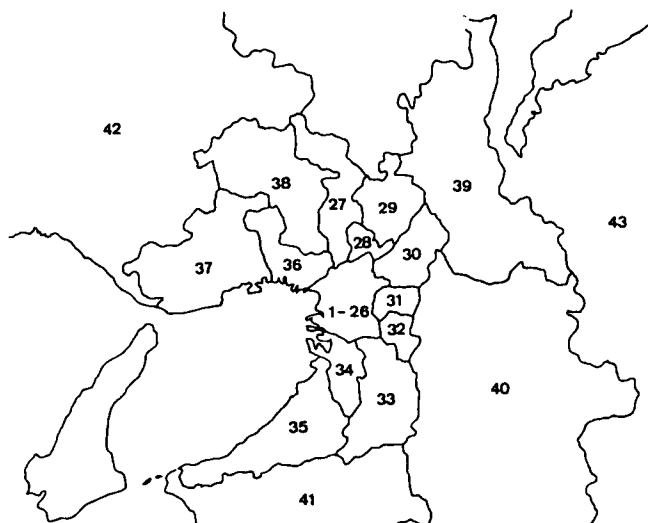


図5-4-3 (その1) ゾーン対応図
(全域43ゾーン)

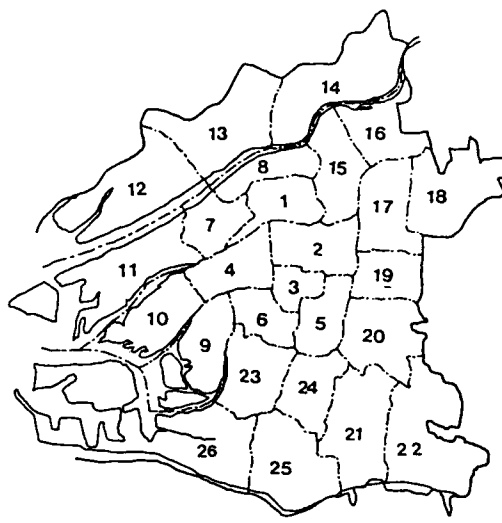


図5-4-3 (その2) ゾーン対応図
(大阪市内26ゾーン)

された大阪市関連トリップチェーンデータの中から大阪市内にO.Bをもつ業務サイクルを取り出したものである。そして業種分類は、従来の諸モデルの場合を参考にして表5-4-8に示す6分類とした。

表5-4-8 業種分類

No.	業 種 分 類
1	建設業（農、林、水産、鉱業を含む）
2	製 造 業
3	卸 売 業
4	小 売 業
5	サービス業
6	金融・保険・不動産業、 運輸・通信業、 電気・ガス・水道業、 公務

次に本モデルの推計フローに沿って各ステップでの適用結果を検討していくことにする。まず、ステップ1における発生トリップチェーン数の推計に関しては、今回の適用例では現況値をそのまま用いることにしたが、これを原単位法によって推計してみた結果を参考として載せると表5-4-9のようになる。このとき業種別にみていくと製造業の適合度が極端に悪いことを除けば、他の業種における原単位法の適用の妥当性は示されているものといえる。製造業については、例えば、ゾーン番号2のように実績値が非常に偏った値をもつ場合を含むためにこのような結果を招いたと考えられ、それほど問題にしないで良いといえる。むしろ、発生トリップチェーン数の推計上重要なのは、こうした原単位法の適用を考える場合の原単位自身の安定性であり、またトリップチェーンの生成機構との関係であろう。この両者の問題とも今回の適用例においてはこれ以上言及することができていないため今後の課題である。そして、ステップ1の後半部のピストン型立ち回りパターンと巡回型立ち回りパターンの分離比率 β^k であるが、これは現況トリップチェーンデータより表5-4-10に示す結果を得た。

ステップ2においては、第1トリップ自動車利用分担率について式(5.4.16)の形式に対するパラメータ推定がなされた。すなわち、ピストン型と巡回型の2種類の第1トリップ自動車利用分担率($A_{\mu}^{(k,i)}$, $A_{\mu'}^{(k,i)}$)がアクセシビリティ比および従業者1人当たりの自動車保有台数を説明要因として重回帰式により推定されたわけである。その推定されたパラメータ値を表5-4-11に示す。なお、ここで用いた自動車利用・マストラ利用間のアクセシビリティ比は、そこでのパラメータを別途に業種別に求めておいたものである。(表5-4-12参照) また、推定式を用いて第1サイクル内第1トリップ自動車利用者数をピストン型巡回型の立ち回りパターンごとに推計したものを表5-4-13に示す。これらより、①表5-4-11を見てわかるように、式(5.4.16)のタイプを基本として回帰するときすべての業種がこのタイプによって推定されたのではなく、ピストン型では金融業を除く5業種、巡回型では卸売業だけが最終的に残ったことになっている。なお、それ以外のタイプでは、結局アクセシビリティ比のみの単回帰式が有意な結果を得ている。②また自動車利用者数(第1サイクル第1トリップ)の推計結果からは、製造業で若干適合度が低くなっているものの、全般的には良好な適合度を得ていると考えられる。

表5-4-9 ゾーン別業種別発生トリップチャェイン数およびパラメータ a^k (大阪市内ゾーン)

ゾーン	1 建設業等		2 製造業		3 卸売業		4 小売業		5 サービス業		6 金融業等		全業種	
	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値
1	4059	5482	7729	4020	5771	6419	3519	5957	9656	8468	8010	8794	38744	39140
2	3254	4473	9257	1993	13595	14423	2130	2175	6227	5726	10049	11730	44512	40520
3	847	1314	1837	809	4611	3727	2373	4653	2771	3056	2940	2866	15379	16425
4	3865	4532	3128	1878	6316	5478	2301	1170	4303	3219	2813	3086	22726	19363
5	876	1231	1647	1460	1640	1421	1087	1151	1885	2690	1504	1816	8639	9769
6	1229	1273	1918	1595	2390	1707	742	1039	1630	1571	1510	1423	9419	8608
7	854	941	1549	1993	1145	1965	1401	879	1102	1397	1337	1089	7388	8264
8	1542	1540	1836	1964	705	954	693	563	943	1467	1250	970	6969	7458
9	1134	880	1000	1894	546	201	833	574	545	625	742	922	4800	5096
10	2374	1539	813	1036	127	380	483	681	1093	1001	2123	2324	7013	6961
11	1834	1382	1005	2037	117	171	818	484	879	702	1066	1032	5719	5808
12	906	1197	2367	3969	154	411	673	664	968	842	843	882	5911	7965
13	2071	2805	2880	4454	1405	1730	1824	2141	2161	2641	2075	2688	12416	16459
14	1435	1323	1819	1953	434	459	968	1025	1039	1291	1346	1328	7041	7379
15	1312	1561	723	1607	462	464	690	1099	1094	1019	984	1160	5265	6910
16	1301	792	1385	1483	673	219	876	835	1253	1050	1262	809	6750	5188
17	854	979	2108	3417	406	588	1524	999	1650	1496	2459	1821	9001	9300
18	1117	691	1042	1974	342	240	232	485	602	567	711	760	4046	4717
19	1004	773	2667	3612	839	737	1164	752	1128	985	978	894	7780	7753
20	912	721	2981	4538	704	605	2368	1368	1540	1237	1078	941	9583	9410
21	1790	1074	1745	1736	784	776	1668	1106	1394	1188	1406	832	8787	6712
22	1750	1056	2317	3767	294	374	1605	1131	851	1200	1415	941	8232	8469
23	2102	879	1693	2186	266	484	2129	1494	1260	1438	1751	1150	9201	7631
24	760	1246	1487	1204	563	487	2083	1409	1554	1726	1853	1370	8300	7442
25	1950	1296	1339	842	729	414	782	1113	1229	1627	1193	1202	7222	6494
26	799	940	932	1774	244	415	754	759	460	973	1364	1216	4553	6070
TOTAL	41931	41920	59204	59195	45262	45249	35720	35706	49217	49202	54062	54046	285396	285318
相関係数	0.88570		0.37212		0.99008		0.77680		0.98112		0.99128		—	—
a^k	0.22897		0.11512		0.09243		0.07774		0.11852		0.13149		—	—

表5-4-10 ピストン型立ち回りパターンの構成比率

業 種	建設業等	製造業	卸売業	小売業	サービス業	金融業等
β^k	0.72957	0.70709	0.87499	0.78326	0.73429	0.73455

表5-4-11 第1サイクル第1トリップ自動車利用率のパラメータ値

k 業種 パラメータ	1 建設業等	2 製造業	3 卸売業	4 小売業	5 サービス業	6 金融業等
a_0^k	0.40405	0.35063	0.27004	0.25772	0.10707	0.35988
a_1^k	0.30620	0.20421	0.23954	0.06917	0.21681	0.10726
a_2^k	0.05936	0.01822	0.11934	0.05828	0.09806	—
$a_0'^k$	0.44704	0.36252	0.32604	0.46834	0.24091	0.36557
$a_1'^k$	0.25916	0.19191	0.25301	—	0.17673	0.09940
$a_2'^k$	—	—	0.14337	—	—	—

$$\text{ピストン型: } \mu^{k,i} = a_0^k + a_1^k (A_i^k / m_{A_i^k}) + a_2^k (C_i^k / E_i^k)$$

$$\text{巡回型: } \mu'^{k,i} = a_0'^k + a_1'^k (A_i^k / m_{A_i^k}) + a_2'^k (C_i^k / E_i^k)$$

表5-4-12 自動車利用率推定に必要なパラメータ

業 種	1 建設業等	2 製造業	3 卸売業	4 小売業	5 サービス業	6 金融業等
アクセシビリティ のパラメータ α	1.36058	1.14600	1.58051	1.49472	1.39952	1.72661
アクセシビリティ のパラメータ r	2.47050	2.88818	2.25981	3.74579	2.92233	2.80901

$$\text{アクセシビリティ式: } A_i^k = \sum_j \frac{E_j^{ka}}{A_{ij}^{kr}}$$

表5-4-13(その1) 第1サイクル内第1トリップ自動車利用者数(ピストン型) (大阪市内)

業種	1 建設業等		2 製造業		3 卸売業		4 小売業		5 サービス業		6 金融業等	
ゾーン	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値
1	1,718	1,026	2,543	1,006	1,842	919	841	721	1,983	1,552	2,669	1,921
2	1,506	486	3,336	1,550	4,895	1,940	514	810	1,452	1,199	3,230	1,662
3	370	308	557	600	1,483	1,236	518	327	503	38	875	681
4	2,089	1,643	1,221	752	2,319	2,101	590	551	875	798	783	667
5	430	346	662	532	387	353	267	219	609	311	371	211
6	734	707	865	493	1,037	1,118	191	238	392	368	486	804
7	351	310	596	390	512	413	395	482	237	214	434	439
8	839	735	756	660	326	141	150	113	179	185	446	527
9	755	800	567	600	220	72	221	203	228	235	193	113
10	1,626	1,416	395	484	83	70	149	134	275	38	806	899
11	892	879	468	342	0	0	244	125	313	189	290	466
12	509	571	998	1,149	25	43	138	230	263	276	316	514
13	980	993	1,229	1,441	528	781	472	592	454	666	627	655
14	675	643	679	762	53	91	231	241	246	464	445	460
15	794	549	335	417	142	123	147	68	325	418	248	258
16	698	679	534	615	233	233	230	299	273	242	412	198
17	563	527	784	903	171	243	367	528	401	348	883	833
18	660	790	403	515	134	220	85	171	206	236	316	325
19	354	407	956	843	322	328	314	339	302	543	338	320
20	534	667	1,138	556	204	264	513	292	310	109	340	256
21	1,127	1,157	848	900	133	155	397	247	304	190	408	490
22	893	1,093	1,028	1,012	113	111	396	319	215	183	410	298
23	1,404	1,281	792	712	75	52	658	506	376	539	894	843
24	429	384	537	603	183	119	597	349	491	810	802	535
25	1,156	901	430	287	259	375	208	258	274	277	475	420
26	536	595	375	569	71	0	253	199	134	75	572	719
合計	21,620	19,893	23,033	18,693	15,750	11,501	9,088	8,296	11,620	10,303	17,869	15,314
相関係数	0.828		0.745		0.887		0.829		0.898		0.925	

表5-4-13(その2) 第1サイクル内第1トリップ自動車利用者数(巡回型) (大阪市内)

業種	1 建設業等		2 製造業		3 卸売業		4 小売業		5 サービス業		6 金融業等	
ゾーン	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値
1	1,019	531	1,522	1,236	1,115	1,093	390	377	1,061	203	897	758
2	794	362	1,824	1,226	2,365	817	284	168	717	321	1,425	794
3	187	126	381	182	817	549	307	178	346	247	412	135
4	737	616	563	312	1,354	1,429	301	508	764	598	545	548
5	229	250	308	328	646	511	156	191	91	122	351	319
6	233	249	286	261	425	422	91	53	272	249	250	238
7	286	356	287	216	139	131	100	135	182	229	197	87
8	289	296	250	257	65	105	112	125	171	179	132	51
9	235	268	107	105	201	53	120	72	31	0	204	367
10	300	315	117	120	0	0	32	0	209	128	259	366
11	476	339	119	70	80	23	59	87	0	0	222	349
12	207	243	358	466	74	111	122	165	129	99	93	149
13	477	534	329	359	201	222	178	77	296	343	315	185
14	393	402	357	212	232	284	118	121	123	142	177	183
15	256	156	109	127	189	174	126	165	153	77	245	236
16	282	386	266	118	156	132	109	119	210	90	182	197
17	41	30	353	487	76	49	175	310	159	177	231	339
18	195	159	199	294	85	101	0	0	26	61	27	58
19	335	327	417	477	152	229	89	127	59	103	102	55
20	121	124	438	523	263	213	341	271	198	200	147	82
21	275	257	272	198	390	446	244	186	274	186	265	296
22	435	372	312	407	92	123	198	233	106	170	260	414
23	120	143	132	100	88	82	42	90	21	0	100	101
24	164	67	362	265	163	155	218	67	156	172	114	106
25	234	318	294	323	138	180	60	64	120	256	59	0
26	105	108	186	238	85	88	28	0	59	68	108	22
合計	8,425	7,334	10,148	8,906	9,591	7,722	4,000	3,869	5,933	4,420	7,219	6,415
相関係数	0.809		0.941		0.827		0.766		0.665		0.856	

表5-4-14 業種別帰宅確率およびサイクル再起確率

業 種		1 建設業等	2 製造業	3 卸売業	4 小売業	5 サービス業	6 金融業等
帰宅確率	P_A^k	0.53101	0.55523	0.48843	0.49041	0.48802	0.48815
	P_m^k	0.53248	0.55648	0.67354	0.52506	0.62024	0.58477
サイクル再起確率	C_A^k	0.11512	0.19376	0.16601	0.20018	0.23843	0.19398
	C_m^k	0.16446	0.13507	0.16408	0.27413	0.18049	0.17145

ステップ3においては、式

(5.4.18)から式(5.4.21)までの

一連の式の展開によって、業種別
ベイスゾーン別に発生する総サイ
クル数と総ソージャー数を利用
手段ごとに推計されるわけである
が、このときに用いられる業種別
利用手段別の帰宅確率およびサイ
クル再起確率を表5-4-14に示す。
また、業種別に得られた結果を統
合して、ベイスゾーン別利用手段
別の総サイクル数と総ソージャー
ン数を表5-4-15に示す。これら
より、①帰宅確率はどの業種とも
自動車利用の場合が小さな値とな
っている。一方、サイクル再起
率は、製造業、卸売業、サービス
業、金融業で自動車利用の場合が
大きく、逆に建設業、小売業で小
さな値をとることがわかる。これ
らの傾向は従来の諸分析結果と同
様に、トリップ連鎖パターンと帰
宅確率ならびにサイクル再起確率
との関係が業種特性を反映したも

表5-4-15(その1) ベイスゾーン別総発生サイクル数

ゾーン	自動車利用		自動車以外利用		全 手 段	
	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値
1	13823	21603	32953	25806	46776	47409
2	14893	27340	39287	26742	54175	54082
3	5129	8249	13247	10670	18376	18919
4	12898	14635	14968	13030	27866	27665
5	4915	5516	6166	5090	11081	10606
6	6546	6409	5191	5059	11737	11468
7	4085	4577	4675	4522	8760	9099
8	3995	4485	4933	3970	8928	8455
9	3240	3714	2148	2146	5388	5860
10	4761	5087	3797	3379	8558	8466
11	3433	3830	3509	3120	6942	6950
12	4801	3936	2254	3279	7055	7215
13	7858	7425	6493	7770	14351	15195
14	4860	4510	3693	4084	8553	8594
15	3162	3692	3042	2736	6204	6428
16	3752	4344	4386	3902	8138	8246
17	5633	5184	5633	5919	11266	11103
18	3855	2832	1533	2048	5388	4880
19	5806	4617	4532	4899	10338	9516
20	4208	5532	7710	6340	11918	11872
21	5531	5920	4871	4870	10402	10790
22	5228	5399	4305	4687	9533	10086
23	5582	5529	5844	5794	11426	11323
24	4241	5211	6398	5119	10639	10330
25	4404	4469	4258	4292	8662	8761
26	3914	3071	2340	2511	6254	5582
計	150553	177105	198161	171773	348714	348878

のになっているという性質によるものと考えられる。②また発生総サイクル数および総ソージャー数数の適合度については、全体としては良好な結果を得ているものの自動車利用の場合の計算値がやや過大に推計されていることがわかる。これは、あらかじめ前ステップにおいて推計されている第1トリップ自動車利用分担率が過大に推計されたためと考えられる。

ステップ4に入ると、総ソージャー数の各ソージャーゾーンへの配分を式(5.4.22)を用いて行うが、このときの相対的アクセシビリティの中に含まれるパラメータ α 、 r を業種別に推定した結果を表5-4-16に示す。そして、各業種にとって発着エンドの関係を反映させた業種別重視度ベクトル(式(5.4.25)参照)を表5-4-17に示しておく。

表5-4-15(その2) ベ이스ゾーン別総発生ソージャー数

ゾーン	自動車利用		自動車以外利用		全 手 段	
	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値
1	22823	33448	47205	37668	70028	71116
2	22515	42985	56788	39293	79303	82278
3	7998	12931	20287	15536	28285	28467
4	21220	22878	23255	19046	44475	41924
5	8564	8566	9670	7419	18234	15985
6	10120	10014	8034	7409	18154	17423
7	6977	7055	6757	6588	13734	13643
8	6529	6888	7112	5834	13641	12722
9	5377	5701	4108	3126	9485	8827
10	7142	7759	5227	4932	12369	12691
11	5126	5819	5317	4556	10443	10375
12	7159	6006	3092	4825	10251	10831
13	12066	11403	9926	11358	21992	22761
14	7229	6896	5764	5975	12993	12871
15	4921	5665	4662	3978	9583	9643
16	5751	6667	6869	5698	12620	12365
17	8689	7927	7184	8619	15873	16546
18	5181	4348	2468	3016	7649	7364
19	8997	7091	6279	7197	15276	14288
20	7277	8445	10611	9239	17888	17684
21	8660	9060	8121	7081	16781	16141
22	9341	8211	6034	6850	15375	15061
23	7179	8387	6794	8424	13973	16811
24	6397	7954	8864	7409	15261	15363
25	7113	6856	5277	6281	12390	13137
26	5593	4690	3150	3660	8743	8350
計	235944	273639	288855	251006	524799	524646

表5-4-16 アクセシビリティのパラメータ(α, r)

業 種	1 建設業等	2 製造業	3 卸売業	4 小売業	5 サービス業	6 金融業等
α	1.39399	1.23023	1.36571	1.62936	1.45756	1.67519
r	2.27769	2.42969	2.35698	3.30912	2.75927	2.64086

表5-4-17 業種別重視度ベクトル (w^k)

(h)着業種 発業種(k)	1 建設業等	2 製造業	3 卸売業	4 小売業	5 サービス業	6 金融業等	住 宅 (夜間人口)
1 建設業等	0.34541	0.08729	0.02026	0.06259	0.32480	0.06316	0.09648
2 製造業	0.04405	0.38222	0.14788	0.10615	0.20560	0.07559	0.03850
3 卸売業	0.04660	0.22995	0.21644	0.25910	0.17269	0.05742	0.01780
4 小売業	0.03871	0.11355	0.11939	0.21604	0.17247	0.10251	0.23733
5 サービス業	0.05523	0.10954	0.05480	0.09170	0.32293	0.25144	0.11436
6 金融業等	0.04442	0.12075	0.08532	0.07621	0.43742	0.08845	0.14742

($h = 0$ は住宅施設が対応)

$$w^k = (w_{k0}, w_{k1}, w_{k2}, w_{k3}, w_{k4}, w_{k5}, w_{k6}), k = 1, \dots, 6, \sum_{h=0}^6 w_{kh} = 1$$

最後にステップ5では、業種別に業務トリップの発生集中量を利用手段別に算定されるわけであるが、表5-4-18にそれぞれの業種の推定結果を全業種に統合したものの実績値と計算値との比較を示す。これより、相関係数も自動車利用で0.9589、マストラ利用で0.9809と非常に高い現況再現性をもつことがわかる。ただし、第1トリップ自動車利用分担率が若干過大に推計されているため、発生集中量レベルでも自動車利用の方がやや過大となっている。

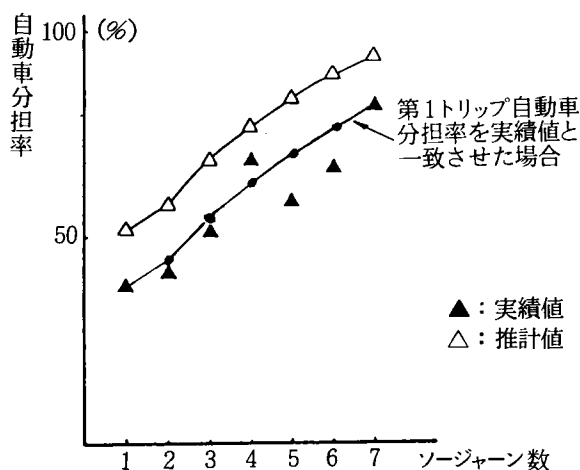
次に、サイクル内ソージャー数別に自動車利用者数の変化を追跡していくことにし、本モデルの適用の際に用いた諸値によってどの程度説明することができるかを検討してみよう。すなわち、これまでの議論においては、サイクル内ソージャー数別の第1トリップ自動車分担率 $\rho^{(k,i)}(s)$ は各業種 k およびベイスゾーン i ごとに推計されることになっているが、ここでは簡単のため、圏域全体を1つのベイスゾーンとみなして、かつ第1サイクルのみとし $\rho^k(s)$ という形で考えてみよう。このとき、まずソージャー数が1個の場合は、式(5.4.19)の ${}^A NC(1)$ と ${}^m NC(1)$ を第1サイクルに関してのみ考えればよいから、

$$\rho^{(k)}(1) = \frac{{}^A NC(1)}{{}^A NC(1) + {}^m NC(1)} = \frac{\mu \beta NC_1}{\mu \beta NC_1 + (1-\mu) \beta NC_1} = \mu \quad \dots\dots\dots (5.4.27)$$

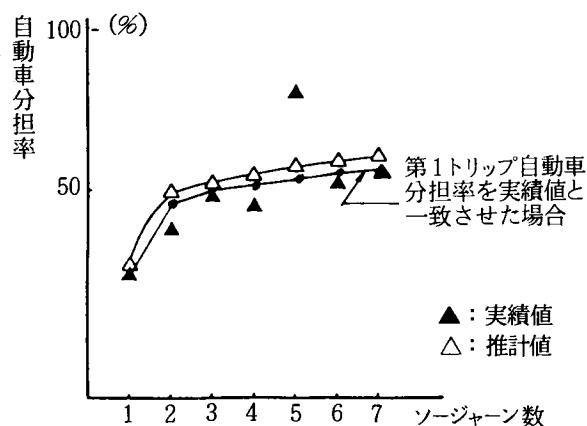
となり、また $\rho^k(s)$ ($s \geq 2$)についても式(5.4.20)の ${}^A NC(s)$ と ${}^m NC(s)$ を用いて、

$$\begin{aligned} \rho^{(k)}(s) &= \frac{{}^A NC(s)}{{}^A NC(s) + {}^m NC(s)} = \frac{\mu'(1-\beta)P_A(1-P_A)^{s-2}NC_1}{\mu'(1-\beta)P_A(1-P_A)^{s-2}NC_1 + (1-\mu')(1-\beta)P_m(1-P_m)^{s-2}NC_1} \\ &= \frac{1}{1 + \frac{1-\mu'}{\mu'} \left(\frac{1-P_m}{1-P_A} \right)^{s-2} \frac{P_m}{P_A}} \quad \dots\dots\dots (5.4.28) \end{aligned}$$

と書くことができる。そこで圏域全体を1つのベイスとみなし、業種別サイクル内ソージャー数別自



(その1) 卸売業



(その2) 小売業

図5-4-4 業種別ソージャン数別自動車分担率の実績値と推計値

動車利用分担率をこの両式より計算し、それと実績値とを比較してみた。その結果の一部として卸売業、小売業の結果を図5-4-4に示す。

なお、式(5.4.27)ではソージャン数が1個のときに平均的なピストン型の自動車分担率の実績値とピストン型立ち回りパターンの第1トリップの自動車分担率の計算値が異なってしまうと、ソージャン数が2個以上になってもその誤差はそのまま残ってしまうことになる。そのため、図5-4-4の図中では第1トリップ自動車分担率を実績値と合致させた結果も参考として記入しておくことにした。この2業種については、比較的データ数もあり実績値の分担率の推移が安定していたので、モデルの追跡の程度はほぼ妥当な結果を得ていることがわかる。

本節においては、業務トリップチェーンにおける自動車利用特性としてサイクル内ソージャン数が多くなるにつれて、そのサイクルにおける自動車分担率が大きくなるという性質を考慮し、業務トリップ発生集中量を利用交通手段別に推計するトリップチェーンモデルの構築とその適用例を通じたいくつかの実証的考察を行ってきた。ここでの基本的な考え方としては、前章までに展開されているトリップ連鎖パターンに着目した交通需要推計モデルの議論をモータル・スプリット問題まで拡張すること、ならびにこれまでのパーソントリップチェーンの交通機関選択に関する諸分析結果を反映させたいという

ことがその背景となっている。そしてここで取上げた業務トリップに関して、それが立ち回りの頻度の高いトリップチェーンを内包し、さらに従来の手段選択モデルが十分成果を得ていないことも、このようなトリップチェーン的アプローチを意欲的なものに行っているとえよう。

さて、本モデルの有効性であるが、その基本構造が自動車利用者数の変化をサイクル内ソージャー数という立ち回りパターンを通じて追跡できる点で、手段選択に関連するトリップチェーンの表示を可能にしており評価できると考えられる。また、自動車利用者数に関するモデルの現況再現性についても良好であり、サイクル内ソージャー数別自動車分担率の挙動も妥当な結果を得ている。しかしながら、第1トリップ自動車利用分担率 μ^{ki} はアクセシビリティ比および従業者1人当りの自動車保有台数を説明要因とする回帰式によって推計されたが、やや過大評価する傾向にありモデル全体への影響もかなり生じている。この第1トリップ自動車利用分担率は、ベースゾーン属性やトリップメーカーの属性によって規定されるだ

表5-4-18 ゾーン別手段別発生集中量

ゾ ー ン	自動車利用		自動車以外利用		全 手 段	
	計算値	実績値	計算値	実績値	計算値	実績値
1	52721	29193	63569	77717	116289	106910
2	61101	34527	56359	91070	117460	125597
3	22943	13624	26589	32088	49533	45712
4	30678	23426	24848	28667	55526	52093
5	14533	11656	12268	15160	26801	26816
6	13599	13212	10919	11315	24518	24527
7	11511	9131	10808	10451	22319	19582
8	10225	7613	8476	9635	18701	17248
9	7003	7935	4041	6432	11048	14367
10	11363	9218	7713	8240	19076	17458
11	5919	5911	5191	7288	11110	13199
12	8843	9040	6486	4826	15329	13866
13	16236	15308	16623	14815	32859	30123
14	8368	8871	7919	7752	16286	16623
15	8190	7615	6640	8137	14831	15752
16	8007	6616	7676	8536	15683	15122
17	12393	11243	13041	12022	25434	23265
18	4848	6013	3569	3505	8417	9518
19	10034	10431	10612	9226	20646	19657
20	13387	9954	14666	16200	28053	26154
21	10279	9560	10500	9605	20779	19165
22	10237	10938	9520	8131	19756	19069
23	13582	9046	13311	12901	26892	21947
24	11571	9209	10592	13918	22163	23127
25	8885	7975	9276	7787	18162	15762
26	5425	9062	4498	4850	9923	13912
27	4570	7050	3003	3569	7573	10619
28	3345	5653	2689	3044	6034	8697
29	2150	3623	2129	2093	4278	5716
30	6077	10811	5689	5705	11766	16516
31	6508	8842	4705	3503	11213	12345
32	2442	3508	2394	1131	4836	4639
33	2199	4060	1814	1612	4013	5672
34	4425	9437	3440	3158	7865	12595
35	1725	2319	1611	1632	3336	3951
36	5784	5743	6212	3853	11997	9596
37	3834	3464	3684	5269	7518	8733
38	1788	3484	1213	1634	3001	5118
39	4250	3593	3456	4359	7704	7952
40	6207	5230	2163	2671	8371	7906
41	603	668	255	314	858	982
42	1626	1502	1242	1594	2868	3096
43	1349	1183	1394	1596	2743	2779
計	273639	235944	251006	288855	524646	524799
相関係数	0.9589		0.9809		0.9930	

けでなく、トリップチェーンの生成そのものと深く関係する性質もあるため、トリップ連鎖パターンと自動車利用に関するより詳細な実態分析が今後必要となろう。また、ソージャーゾーン分布の方法論に関しては、前章でも指摘しているように、トリップチェーンのとらえ方としてベイスとソージャーとの相互関係を重視するか、あるいはソージャー間の相互関係をより表現すべきかによってその取扱いが変ってくると考えられる。本モデルの適用の対象となった業務トリップチェーンについて言えば、相対的アクセシビリティの導入によってベイスとソージャーとの関係を重視したことはそれ程問題とはならない。しかし、そのときでさえもソージャー間の相互関係を何らかの形でモデルへ内包化する方が望ましく、この点は今後のモデルの改良点といえよう。そして、本モデルの構築とその適用は主に現況再現性についての検討であったため、交通需要推計という将来予測に関連した諸検討あるいは各種の交通政策評価のためのケース・スタディなどの議論がすべて今後の課題として残されている。

5-5 結 語

本章では、交通需要分析において重要な検討課題の一つである交通手段選択を取上げることとし、本研究のメインテーマであるトリップチェーン的アプローチからの実証的諸分析ならびにモデル化に関する諸検討を行ったわけである。交通手段選択モデルは、従来より数多くしかも多様な観点からの研究の中から提案されており、こうした研究の歴史的経緯を十分踏まえることにより、その中での重要な論点を引き出していくことは非常に意義深いことと考えられる。そこで、具体的な分析やモデルの検討に入るまでに従来の諸研究を整理しておくことにし、第2節では現在需要推計法の中で支配的なパーソントリップ法の開発・体系化の流れに即したモーダル・スプリット研究の回顧を行い、次いで最近注目をあびている非集計モデルの再考、そして本研究に最も関係の深いマルコフ連鎖モデルの再考を行った。その中では、従来の交通手段選択モデルは、モード選択型（代表モードによる）、集計型、単一トリップ型に属するもので段階的推定法に組み込まれた形で開発されていたのに対し、非集計モデルあるいはトリップチェーンモデルは、従来型の諸モデルにおいて捨象されてしまった性質をより明示的にし、また交通現象により忠実な記述を行うものであると位置づけられることがわかった。そして非集計モデルの再考では、その基本的な考え方の紹介によりその理論面における理解を深めるとともに、それらを踏まえた交通需要分析における位置づけに関する議論を行った。その結果、集計・非集計という対置的な構図によって両者をとらえていくのではなく、それぞれのモデルの有効性を発揮できる局面を実証的に検討していくことが重要であること、そして非集計モデルについて言えばモデル構造や同定化の手順を考慮するとき短期的な交通政策の影響評価などが適用性の秀れた性質を有すること、しかし、その際においても集計問題あるいはサンプルと母集団との関係については、今後詳細な検討を進める必要があることなどがわかった。次に、従来のトリップチェーンアプローチによる手段選択モデルの再考においては、

吸収マルコフ連鎖モデルの基本的な考え方とその有効性および問題点を考察した。本章の後半では、同じトリップチェーン的アプローチでありながら、マルコフ連鎖理論の適用とは別の方法論によって手段選択モデルの開発がなされている。それは、従来のマルコフ連鎖モデルにおいて十分に記述することのできなかったトリップチェーンの諸性質を明示的に表現しようとする意図からなされたものである。そのために本章におけるモデルの適用が試みられた対象データも、これまでのモデルではうまく説明できないでいたトリップチェーンの生成機構に関するものとなっている。すなわち、従来のトリップ単位の方法では、段階的推計プロセスを踏むため、手段選択に関してもどのステップに導入するかという議論が先行していた。それに対してトリップチェーン的アプローチは、交通現象のより本質的な性質としての諸活動の連結性の観点から人の1日の動きの中での手段選択をとらえようというものである。その中でマルコフ連鎖モデルは、トリップの連鎖性を状態空間の遷移過程として表現することにより、手段選択を含めた発生集中、OD分布の各プロセスをシステムティックに推計できるモデルである。一方、本章で提案されたモデルは、トリップの連鎖性という側面はやや薄らぐものの、トリップチェーンの生成特性に不可欠なベースとソージャーとの関係、すなわち、第2章における言葉を借りれば、交通需要の派生的性質を重視し、1日の人の動き全体と手段選択（ここでは自動車利用）を表現しようとしたものであり、また、モデル構造に関しても簡略化と操作性を配慮している。

第3節においては、パーソントリップチェーンにおける手段選択に関する実証的な分析がなされた。ここでの大きな着眼点は、従来のトリップチェーン分析においてあまり良好な分析結果が得られなかった業務トリップの手段選択特性の解明にあったといえる。従来の分析例からも業務トリップにおける自動車分担率は他のトリップに比べて高い値を示しているが、その選択構造は複雑であり制約下の交通機関選択としての側面も強く、また、単純に合理的選択モデルによっては説明できないものである。そこで本研究では、こうした業務トリップの手段選択がそのトリップチェーンとしての特性の影響下にあると仮定することによって、業務トリップチェーンの自動車利用特性を明らかにすることから、手段選択モデルの構築の糸口を探ろうとしたわけである。その結果、トリップチェーン内のソージャー数が多くなるほどサイクル内第1トリップの自動車分担率が高くなること、サイクル内ソージャー数別にみた各トリップ連鎖パターンにおいては、各トリップ番目における自動車分担率は、第1トリップにおける自動車分担率とはほぼ一致しており、途中でのモードチェンジを生じていないなど、以後のモデル化において重要な諸点を得ることができた。

そして第4節では、これらの性質を利用して業務トリップ発生集中量を利用交通手段別に推計するトリップチェーンモデルの構築とその具体的な適用が試みられた。その結果、本モデルの基本構造からは自動車利用者数の変化をサイクル内ソージャー数という立ち回りパターンを通じて追跡できる点で、手段選択とトリップチェーンとの関係との表示を可能にしたといえ、その意義は大きいと考えられる。

また、自動車利用者数推計に関する本モデルの現況再現性に関しては、その具体的な適用結果が良好であることから十分妥当なものと判断できるが、その将来予測に関する諸検討については今後の研究を待つところが多く、現在のところ分析モデルの域を脱しえない。しかし、本モデルは、集計モデルであるものの業務トリップの生成に関し各業種の諸特性（職種や用務内容に依存する）を明示的に扱っている点で、いわゆる非集計モデルの利点とされる個人属性を集計的に表現できること、制約下の交通手段選択という概念を業務トリップチェーンの生成における派生需要的側面から把握している点、そして自動車利用が一旦その利用が選択されるとモードチェンジが容易にされるものでないため、あらかじめ1日の動きを念頭に置いたところの手段選択構造を仮定していること、などの多くの特徴点を内包化しているので、今後はこれらの利点を生かしたケース・スタディが課題となろう。

第5章 参考文献

- 1) 佐佐木綱：「都市交通計画」，国民科学社，第8章交通手段の選択，pp.223-278，1974年
- 2) 近藤勝直：“交通論と交通工学の接点”，「交通学説史の研究」，第10章 pp.391-426，
1982年
- 3) U.S.Department of Commerce, Bureau of Public Roads(1966)：“Modal Split”
- 4) 山川仁・小浪博英・大志万和也：“モーダル・スプリット”，道路 No.9，1970年
- 5) 広島都市交通研究会：“HATS Technical Report”，1970年
- 6) Overgaard, K.R. (1966)：“Traffic Estimation in Urban Transportation Planning”，
Technical University of Denmark, Traffic Engineering and Town Planning Report 34
(関西鉄道協会都市交通研究所訳「都市運輸計画における交通量推定」1968.)
- 7) Hutchinson, B.G(1974)：“Principles of Urban Transport Systems Planning”，McGraw-
Hill chapter 3, pp. 54-81
- 8) 前掲 1)
- 9) 赤松惟央・川井優・福山俊郎：「パーソントリップの交通機関利用率に関する分析」
「土木学会論文集」，No.193，1971年
- 10) 森田緯之：「都市における交通機関選好特性に関する研究」「土木学会論文集」，No.216，
1973年
- 11) 天野光三：「交通シェアの形成機関に関する考察 —交通機関選択条件の計量分析—」「運輸と
経済」4月号，Vol. 27, No.4, pp.10-19，1967年
- 12) 足立一夫：「競合路線における輸送需要の構造モデルについて」「経営科学」12-3，pp.154-
159，1969年
- 13) 河上省吾：「通勤・通学者の輸送機関および経路の選定率に関する研究」「土木学会論文集」
No.179, pp.61-68
- 14) 坂下昇：「交通量配分の微視的理論について」「高速道路」1962，“A Microscopic Theory
of Traffic Assignment”，Papers and Proc. of the 1st Far East Conf. of the R.S.A.,
1963年
- 15) 小林・青木・谷：「交通システムの計量的評価に関する研究」「交通工学」8-5，1973年
- 16) Quandt R.E. Baumol, W.J., (1966) “The Demand for Abstract Transport Modes : Theory
and Measurement”，Jour of Reg.Sci. 6-2
- 17) 近藤勝直・宮崎辰夫：「モーダルミクス手法を用いた混合トリップの考察」「交通工学」10-5

- 18) 高岸節夫：「鉄道駅集中型自転車交通の発生圏に関する空間的分析」「土木学会論文集」No. 260
- 19) 宇野敏一：“交通手段選択モデルのある一般形の導出”，交通工学，Vol. 18, No. 4, pp. 3-8，1983年
- 20) 宇野敏一：“交通手段選択モデルとルートの直並列合成”，交通工学，Vol. 19, No. 2, pp. 3-9，1984年
- 21) Warner S.L.,(1962)：“Stochastic Choice of Mode in Urban Travel：A Study in Binary Choice”，Northwestern Univ. Press（関西鉄道協会都市交通研究所訳「都市交通における運輸手段の確率的選択について（A），（B）」1968年
- 22) 前掲 3)
- 23) Henri Theil(1969)：“A Multinomial Extension of the Linear Logit Model”，International Economics Review, Vol. 10, No. 3, pp. 251-259
- 24) 前掲 11)
- 25) 佐佐木綱・今坂一郎：“交通量配分手法の研究”，関西OR研究報告集，第1集，pp. 54-62，1969年
- 26) 佐佐木綱・西井和夫・樋口吉隆：“通勤交通における経路別利用者数の予測に関する研究—宇野モデルの適用”，第38回JSCE年次学術講演会概要集，pp. 21-22，1983年
- 27) 佐佐木綱・西井和夫：“通勤交通における経路別利用者数の予測—宇野モデルの検討”，「土木計画学研究・論文集」Vol. 1，第6回土木計画学研究発表会，pp. 91-98，1984年
- 28) 佐佐木綱・西井和夫・池田薫：“端末交通手段を考慮した段階的経路選択モデル”，第39回JSCE年次学術講演会概要集，pp. 299-300，1984年
- 29) McFadden, D.,：“Conditional Logit Analysis of Quantitative Choice Behavior”，Frontiers of Econometrics edited by P. Zarembka, New York：Academic Press, 1974, pp. 105-142
 その他，非集計モデルの基本的考え方およびその適用に関しては多数の単本があり，例えば，以下の文献が代表的である。
- (1) M. G. Richards and M. E. Ben-Akiva,：A DISAGGREGATE TRAVEL DEMAND MODEL, Saxon House, D. C. Heath Ltd., 1975.
- (2) T. A. Domencich and D. McFadden：URBAN TRAVEL DEMAND—A BEHAVIORAL ANALYSIS—(A CHARLES RIVER ASSOCIATES RESEARCH STUDY), North-Holland Pub. Co., 1975.
- (3) D. A. Hensher and Q. Dalvi：DETERMINANTS OF TRAVEL CHOICE, Saxon House, 1978.

- (4) M. L. Manheim : FUNDAMENTALS OF TRANSPORTATION SYSTEMS ANALYSIS
Volume 1 : Basic Concepts, MIT, 1979.
- (5) C. Daganzo : MULTINOMIAL PROBIT—THE THEORY AND ITS APPLICATIONS
TO DEMAND FORECASTING, Academic Press, 1979.
- (6) P. R. Stopher & A. H. Meyburg : URBAN TRANSPORTATION MODELING AND
PLANNING, 1976, D. C. Heath & Co.
- (7) D. A. Hensher and P. R. Stopher (eds.) : BEHAVIORAL TRAVEL MODELLING,
(INTERNATIONAL CONFERENCE ON BEHAVIORAL TRAVEL DEMAND, 3RD,
1977), Croom Helm Ltd., 1978.
- (8) G. R. M. Jansen, et al., : NEW DEVELOPMENTS IN MODELLING TRAVEL DEMAND
AND URBAN SYSTEMS, Saxon House, 1979.
- (9) C. F. Manski and D. McFadden : STRUCTURAL ANALYSIS OF DISCRETE DATA
WITH ECONOMETRIC APPLICATIONS, MIT, 1981.
- (10) D. E. Hensher and L. W. Johnson : APPLIED DISCRETE—CHOICE MODELLING, A
Haisted Press Book, Croom Helm Ltd., 1981.
- (11) M. Ben-Akiva and S. R. Lerman : TRAVEL BEHAVIOR : Theories, Models and Prediction
Methods (forthcoming)
- 30) 前掲 29) の文献 (11)
- 31) R. Duncan, Luce (1959) : "Chapter 1, the Basic Theory" in Individual Choice Behavior,
A Theoretical Analysis (John Wiley & Sons, INC, New York)
- 32) A. J. Daly & S. Zachary : "Improved Multiple Choice Models", in DETERMINANTS
OF TRAVEL CHOICE, eds. by D. A. Hensher & Q. Dalvi, Saxon House 1978.
- 33) McFadden D. (1978) : "Modelling the choice of residential location", in SPATIAL
INTERACTION THEORY AND PLANNING MODELS eds. by A. Karlqvist et al.
chapter 3.
McFadden D. (1978) : "Econometric Models for Probabilistic Choice", Presented paper
to the NBER—NSP Conference
- 34) H. C. W. L. Williams (1977) : "On the formation of travel demand models and economic
evaluation measures of user benefit", Environment and planning A, 9, pp. 285—344.
- 35) 佐佐木綱 : "非集計モデルの将来性", 京阪神都市圏交通計画協議会主催「非集計モデル講習
会」, 1982 年

- 36) 西井和夫：“非集計モデルの理論と考え方”，京阪神都市圏交通計画協議会主催「非集計モデル講習会」，1982年
- 37) 西井和夫：“通勤交通の経路選択への非集計モデルの適用” 同上
1983年
- 38) 西井和夫・樋口吉隆・高木俊之：“非集計モデルによる通勤交通の選択に関する研究”，昭和58年度JSCE 関西支部年次学術講演会，IV-9-1～IV-9-2，1983年
- 39) 非集計モデルの主な国内文献
- (1) 高田富夫：“交通需要分析の行動論的方法と集計問題”，名古屋学院大学論集：社会科学編，Vol. 17, No. 2, pp. 302-329, 1981年
 - (2) (財) 運輸経済研究センター：“大都市圏における交通機関選択分析調査報告書”，1983年
 - (3) 高柳靖子：“通勤通学交通の経済分担モデルの分析”，オペレーションズリサーチ，No. 2, pp. 94-99, 1981年
 - (4) 東京大学工学部都市工学科太田研究室：“非集計行動モデルの交通計画への適用に関する研究(II)”，抜刷，1981年
 - (5) 計画交通研究会特別講座実行委員会：“特別講座交通システム分析と交通計画”，紹介，交通工学，Vol. 17, No. 1, pp. 33-35, 1982年
 - (6) 佐藤治正：“非集計的交通需要モデルの確率論的展開について”，三田商学研究，Vol. 24, No. 3, pp. 108-117, 1981年
 - (7) 杉恵頼寧：“非集計多項ロジットモデルによる短期交通政策の評価”，交通工学，Vol. 16, No. 6, pp. 3-11, 1981年
 - (8) 太田勝敏・原田昇：“非集計行動モデルの研究の現状と課題”，第4回土木計画学研究発表会，pp. 375-385, 1982年
 - (9) 原田昇・太田勝敏：“非集計ロジットモデルの適用性に関する研究”，交通工学，Vol. 17, No. 2, pp. 15-23, 1982年
 - (10) 太田勝敏・原田昇：“非集計行動モデルとその応用 (1), (2)”，交通工学，Vol. 17, No. 5, pp. 45-50, およびNo. 6, pp. 48-57, 1982年
 - (11) 桐越信・塚本直幸：“非集計ロジットモデルによる選択比率の推定精度に関する研究”，交通工学，Vol. 18, No. 5, pp. 3-16, 1983年
 - (12) 原田昇・太田勝敏：“Nested Logit モデルの多次元選択への適用性”，交通工学，Vol. 18, No. 6, pp. 3-11, 1983年
- 40) 前掲 39) の文献(11)

- 41) Gaudry M. J. I. & Dogenais M. G. (1979) : "Dogit Model", Transpn. Res. Vol. 13 B, pp. 105-111.
- 42) Gaudry M. J. I. & Wills M. J. (1979) : "Testing the Dogit Model with Aggregation Time-series and Cross-sectional Travel Data", Transpn. Res. Vol. 13 B, pp. 155-166.
- 43) Hensher D. (1982) : "On the Equivalence of Modified Logit Models, Compressed/Saturated Logit and Binary Dogit", Transportation 11 pp. 87-90.
- 44) 非集計モデルの外国文献で主なもの
 - (1) M. E. Ben-Akiva : "Structure of Passenger Travel Demand Models", Transportation Research Record, Vol. 526, pp. 26-42, 1974.
 - (2) D. McFadden, F. Reid : "Aggregate Travel Demand Forecasting from Disaggregated Behavioural Models", Transportation Research Record, Vol. 534, pp. 24-37, 1975.
 - (3) S. R. Lerman, M. Ben-Akiva, "Disaggregate Behavioral Model of Automobile Ownership", Transportation Research Record. Vol. 569, pp. 34-55, 1976.
 - (4) T. J. Adler, M. Ben-Akiva : "Joint-choice Model for Frequency and Travel Mode for Shopping Trips", Transportation Research Record. Vol. 569, pp. 136-150, 1976.
 - (5) D. McFadden, K. Train & W. B. Tye : "An Application of Diagnostic Tests for the Independence from Irrelevant Alternatives Property of the Multinomial Logit Model" Transportation Research Record. Vol. 637, pp. 39-45, 1977.
 - (6) D. McFadden. : "Modeling the Choice of Residential Location", Transportation Research Record. 673, pp. 72-77, 1978.
 - (7) E. R. Ruiter, M. E. Ben-Akiva, L. Sherman, & D. Kuilman : "Disaggregate Travel Demand Models for the San Francisco Bay area", Transportation Research Record, Vol. 673, pp. 121-136, 1978.
 - (8) A. Anas : "Equilibration Properties of Logit Models", Transportation Record, Vol. 728, pp. 8-13, 1979.
 - (9) J. Horowitz : "A Utility Maximizing Model of the Demand for Multi-Destination Non-work Travel", Transportation Research, Vol. 148, pp. 369-386, 1980.
 - (10) Andrew J. Daly & Stanley Zachary (1976) : "Improved multiple choice models", in Urban Traffic Models PTRC Summer Meeting, University of Warwick, Coventry England, pp. 12-16, July
- 45) Sasaki, T. (1971) : "Estimation of Person Trip Patterns Through Markov chains",

- Proc. of the 5th Intl. Sympo. on Transpn. and Traffic Flow Theory, Berkeley.
- 46) Kondo, K. (1974) : "Estimation of Person Trip Patterns and Modal Split", Proc. of the 6th Intl. Sympo. on Transpn. and Traffic Theory, Sydney.
- 47) 近藤勝直 : "トリップチェイン手法を用いた都市交通需要推計プロセス", 京都大学学位論文, 1977年
- 48) Lerman S. R. (1979) : "The Use of Disaggregate Choice Models in Semi-Markov Process Models of Trip Chaining Behaviour", Transpn. Sci. Vol. 13, No. 4, pp. 273-291.
- 49) 森村英典 : 「確率と統計」第4章 (朝倉書店), 1974年
- 50) 高橋幸雄 : 「マルコフ連鎖 (1),(2)」, オペレーションズリサーチ, No. 9, pp. 53-57, No. 10, pp. 52-57, 1972年
- 51) 前掲 47)
- 52) 近藤勝直 : "都市内交通機関別OD交通量の推定に関する研究", 京都大学修士論文, 1972年
- 53) 前掲 46)
- 54) Kitamura R., Lam T. N. (1981) : "A Time Dependent Markov Renewal Model of Trip Chaining", in Transportation and Traffic Theory, ed. by Hurdle V. F., Hauer E. & Steuart G. N., pp. 376-402.
- 55) 前掲 47)
- 56) 北村隆一・酒井充・上野義弘 : "交通機関の選択に与える個人属性の影響", 交通工学, Vol. 11, No. 3, 1976年
- 57) 佐佐木綱・近藤勝直・西井和夫・川田均 : "1日のトリップパターンからみた交通機関選択に関する基礎的考察—地方都市圏(備後圏)P.T調査より—", 第4回土木計画学研究発表会講演集 pp. 456-460, 1982年
- 58) 西井和夫・内達朗 : "トリップチェインデータを用いた交通機関選択に関する基礎的分析", 昭和57年度JSCE関西支部年次学術講演会概要集, IV-50-1~IV-50-2, 1982年
- 59) 薬師寺清幸 : "1日の交通行動パターンに着目した交通手段選択モデル", 京都大学修士論文, 1984年
- 60) 西井和夫・薬師寺清幸・植林俊光 : "1日の交通行動パターンに着目した交通手段選択モデル", 昭和59年度JSCE関西支部年次学術講演会, IV-42-1~IV-42-2, 1984年
- 61) 前掲 57)
- 62) 前掲 59)

第6章 結 論

現代社会において交通計画の果たす役割と意義は非常に大きく、土木技術者としてこうした計画の立案プロセスに携わる者は、客観的な計画情報をもとに的確に総合的判断を下すことが不可欠となってきた。そのためには計画プロセスの科学化がなされなければならないが、交通計画にとってはとくに交通現象自体の解明が重要な課題の一つといえる。本研究において取上げた交通需要分析は、このような課題に対する方法論の総体を指すわけであるが、本研究ではその中でトリップチェーンアプローチに着目することにより、その概念の明確化およびそれにもとづく交通需要推計モデルについて検討を加えたものである。第2章では、トリップチェーンの考え方の整理を、第3章ではトリップチェーンの実態分析を、第4章は、交通需要推計における発生集中およびOD分布量プロセスを、そして第5章は手段選択プロセスをそれぞれ取扱ってきた。各章は、これまで筆者がトリップチェーン研究の中で得た知見を紹介するとともに、交通需要分析の枠組の中でそれぞれ位置づけ体系的な説明を試みたものである。全体を通じての本研究における着想の基盤について、ここでまず総括しておこう。

すなわち、本研究では、トリップチェーンという人の1日の交通行動の軌跡をとらえていくとき、“トリップ連鎖パターン”を中心に眺めていく立場に立っている。これは、個々人の1日の動きを類型化することによって都市域全体としては代表的なパターンが見出すことができ、しかもそれらは、交通需要の派生的性質に大きく関係をもつことから交通需要分析におけるアウトプットとしての発生集中、OD分布、機関分担などを説明できる可能性を示唆しているからである。また、従来のトリップチェーン研究における主な論点が個々のトリップ間の連鎖性に重きを置いていたのに対して、本研究では、全体としてのトリップチェーンの表示を議論するために、トリップ連鎖パターンの構成要素としてのチェーン内のソージャー数あるいはサイクル数に関する諸性質あるいはベースとソージャーとの関係などに着目し、それらとトリップ単位に分解したときの発生集中、OD分布あるいはモーダルスプリットとの関係をモデル化しようとしたところが大きな論点となっており、その意味で非常に独創的な着想に立つものであるといえる。また、各章の内容のまとめについては、それぞれの章における最終節の結語にて詳しく論じているので、以下ではそれらを要約してふりかえっておくとともに、全体的な視点からの今後の展望を行い、本研究の結論としたい。

第2章では、まずトリップチェーンの考え方を理解する上で必要な基本的概念の整理とこのアプローチの有効性についての認識を明らかにし、次いでその研究経緯の回顧を行うとともにそれらを踏まえた本研究におけるトリップチェーンの表示に関する立場を明確にした。この章は、本研究において展開される諸分析やモデル構築にとって必要な用語の整理をしておくとともに、その最も根本的な着眼点であ

るトリップ連鎖パターンの考え方を明らかにすることを目的としていたわけである。以下各節における主な知見を要約しておこう。第2節ではトリップチェーンの用語の整理であり、ベイス、サイクルおよびソージャーといった用語の紹介とそれらを用いてトリップチェーンを類型化したものとしてのトリップ連鎖パターンなる言葉が定義された。第3節は交通需要分析におけるトリップチェーン・アプローチの有効性が、トリップチェーンのもつ諸性質、交通需要分析に要請される視点そしてトリップ単位のアプローチとの比較の3つの視点から論じられた。まず第1のトリップチェーン・アプローチにおける分析対象となり得る諸性質としては、以下の5点が挙げられた。すなわち、

- ① 交通需要の派生的性質
- ② 交通における1日完結性とそこで織りなされるトリップ連鎖パターン
- ③ 交通手段選択とトリップ連鎖パターン
- ④ トリップの連鎖性
- ⑤ 1日の時間に関する予算制約

このうち、①、②は、トリップチェーンという交通行動の軌跡がその生成メカニズムを規定する社会・経済活動の派生需要に根ざすものであることから、単にトリップとして表面に現われ出たものを取扱うのではなく、人の1日の活動連結メカニズムの解明をはかることが意図されている。また、③、④は従来のトリップチェーン・アプローチによる諸モデルにおいて最も強調されていた性質であり、本アプローチの有効性の真価が問われるところでもある。そして⑤は、後述のアクティビティアナリシスとの連携を深める意味でも比較的新しいテーマであるが、トリップチェーン研究の中の行動論的側面において重要視されているものである。第2点目の視点の交通需要分析は要請される諸点としては、これら交通需要の派生的性質あるいは行動論的側面を内包化したモデル構築が必要であること、そして、モデルは種々の交通政策や交通計画の評価に耐え得るものでなければならないことが確認された。そしてトリップ単位のアプローチとの比較という視点からは、従来のトリップ単位のモデルにおいては捨象されてしまっている諸性質の解明についてトリップチェーン・アプローチによって明示的に検討できること、そしてこうしたアプローチが交通需要推計に関しより説得力をもつものであることが主張されたわけである。第4節では、これまでのトリップチェーン研究の系譜とその概略を包括的に述べた。その際、トリップチェーン研究とそれに関連する分野としてマルコフ連鎖理論にもとづくアプローチ、アクティビティアプローチ、そして効用理論にもとづくアプローチの3つに大別してそれぞれの再考が進められた。マルコフ連鎖理論にもとづくアプローチは、トリップチェーン研究の先駆的位置づけがされるものであり、その中で需要予測を念頭に置いた吸収マルコフ連鎖モデルは、需要推計プロセスにおける発生集中、OD分布、機関分担をシステマティックに記述するものとしてはやくから開発され、1970年代前半においてほぼ完成の域に達している。わが国においてもトリップチェーン研究の大半がこのグループに属

するが、それらマルコフ連鎖モデルの将来予測性などの諸検討あるいは時空間への拡張の研究例が紹介された。後の2者については、1970年代になってから登場したものである、従来のマルコフ・アプローチがトリップの連鎖性の中でトリップチェーンを眺めていこうとするものであったのに対し、人の1日の交通行動と他の諸活動との関係にまで立入った分析フレームを有するものである。とくにアクティビティアプローチでは、人間活動連結メカニズムの解明を最終的な目標に据えており、その中でトリップチェーンの性質についての諸分析は1つのサブシステムとして位置づけられている。これは、トリップチェーン研究を交通需要分析のよりミクロな、あるいはより行動論的な側面へ傾斜させようとするものであり、今後の研究が多いに期待される。なお、効用理論にもとづくアプローチは、アクティビティアプローチと同様のねらいをもつとともに、これまでの研究例のほとんどが非集計モデルを用いたトリップチェーンの表現を試みたものであり、その意味では第5章第2節における非集計モデルの再考と関連する部分が多く、トリップチェーンモデルとしてレビューに耐えるものはいまだ不足していると言わざるを得ない。そして第5節では、こうした議論を踏まえて本研究の立場を明確にしたわけであるが、それは、トリップチェーンのとらえ方としてトリップ連鎖パターンに着目して行っていこうとするものであった。また、交通需要分析の枠組の中で位置づけるとすれば、マルコフ・アプローチにもっとも近く、いわゆる交通需要推計モデルの開発が大きな目標となっていることが明らかにされた。

第3章では、本研究における主たる着眼点である“トリップ連鎖パターン”によってトリップチェーンの基本的な性質を実証的分析を通じて明らかにしたものである。ここでトリップチェーンの表示の際にトリップ連鎖パターンに着目することの利点を整理すれば、①人の1日全体としての一連の動きをより視覚的な形でわかり易く把握できること、②交通行動の中でベース、サイクル、ソージャーに関するそれぞれの役割やそれらとトリップチェーンの生成との関係を明らかにできること、そして、③都市域での代表的なトリップ連鎖パターンを見出すことにより、その基本的な性質を交通需要分析モデルの構築に役立てていくことができる可能性をもつことなどがあげられる。第2節では、まず代表的なトリップ連鎖パターンの類型化に関する実態分析を行うことにし、カートリップチェーンに関する分析とパーソントリップチェーンに関する分析がなされた。その中でカートリップチェーンに関しては、そのトリップ連鎖パターンの代表的なものとして1日のトリップ回数が9回まででほとんどであり、第1トリップの目的に関係なく、ピストン型、トライアングル型、ダブルピストン型、巡回型、(1サイクル4トリップあるいは5トリップ)などがあげられ、それら以上5パターンで全体の85.4%も占めることがわかった。また、第1トリップ目的が通勤であるトリップチェーンでは、不完全型が少なく、また、2nd-base(O. B.)でのサイクルの形成するパターンが比較的多いのが特徴であり、一方、第1トリップ目的が業務の場合には、全体に占めるピストン型の割合がやや小さく巡回型パターンの占める割合が相対的に多い。またトリップチェーン内の目的構成をみると、勤務先をベースとするサイクル内においては、

業務目的で出発した場合のサイクル内のトリップ目的の変更はほとんど見られず、また、業務トリップを物を運搬する場合とそうでない場合に細分化して眺めてもサイクル内での両者の混在はほとんどなく、トリップ目的が変更されるとすれば一旦ベースに帰った後になされることがわかった。したがって、ここで重要な知見としては、一見複雑な様相を呈していると思われがちなトリップ連鎖パターンもその代表的なもので大半が占められ、しかもチェーン内での目的構成は目的変更が頻発に行われるものでないといえることである。そのことは、パーソントリップチェーンに関する同様の分析結果からもより端的な形で現われてきており、こうしたトリップ連鎖パターンに着目したトリップチェーンモデルの構築の可能性を示唆するものであると結論づけられる。すなわち、昭和45年と昭和55年の2時点におけるトリップ連鎖パターンの構成にはほとんど差異が見られず、またチェーン内の目的構成に関しても、H.B上あるいはH.BとO.Bとの間といったベースを中心としたサイクル内ではほとんど単一目的で成り立っていることから、ベースの果たす役割を考慮することにより各サイクルの性質を比較的簡単に取扱って把握できることがわかった。ただしこのような実態分析を通じて結果的に課題として残されたものとしては、自由トリップに関する扱いであろう。これは、量的には業務トリップほど多いものではないが、H.BとO.Bとの間あるいはH.B上での自由サイクルの中に生成されるものであり、これらの1日全体の動きの中での諸性質については、まったく触れることができなかった。とくにパーソントリップチェーンを対象データとした場合には、この他にも通学トリップやあるいは自由トリップの中でも、日常的・非日常的買物、社交・レクリエーションといった多様なトリップ目的が混在しているため、これらについてのトリップチェーンとしてみたときの諸性質は、第2章で述べたアクティビティ・アプローチなどとの連携を考えるとときに重要な分析課題といえ、今後の実証的分析が不可欠となろう。そして、トリップメーカーの属性としての業種・職種・企業規模といったものがトリップ連鎖パターンにどのように反映されるかを分析した結果からは、対象とした業務トリップチェーンの場合、業種あるいは職種ごとの業務内容の差異によってとくに立ち回り頻度が異なるために、結果的にトリップ連鎖パターンの構成に差異が生じていることがわかった。

次に第3節においては、業務トリップチェーンのトリップ連鎖パターンを1日の活動時間配分の観点から眺めることにより、その生成に関する時間特性の把握を試みた。これは、アクティビティ・アプローチや効用理論アプローチの最近の展開の中で1日の活動時間配分から活動連結メカニズムの分析を試みたり、あるいはtime-budgetの問題に関連した議論が盛んに行われていることに背景をもつものであるが、ここではとくにトリップ連鎖パターンとの関連を考察したものである。具体的には、チェーン内第1トリップ当りの平均トリップ時間、活動に要する平均滞在時間、1日の活動時間配分をそれぞれ業種別に各トリップ連鎖パターンごとに眺めたわけである。その結果トリップ時間特性としては、ピストン型パターンは平均トリップ時間のバラツキが大きい、立ち回りパターンにおいてはそうした傾向が

小さくなり10分～60分の中間のランクが大半となっていること、また、1サイクル巡回型と複数サイクル型との比較では、やはりソージャー数が多くなるほど複数サイクル型での1トリップ当りの平均トリップ時間が小さくなることがわかった。また1日の諸活動特性に関しては、まず、業種別にみた1ソージャー当りの平均滞在時間は業種特性を反映しており、ピストン型パターンで建設業など現場での作業を主にする業種では約5時間、逆に配達・納品の多い小売業などは約2時間半となっており、またソージャー数が多くなるパターンでは1ソージャー当りの滞在時間が急激に短くなっていることがわかった。そして1日の平均的な活動時間配分を各トリップ連鎖パターンごとに眺めた場合には、どの業種においてもソージャー数の増加とともに発時刻を早くし、また、着時刻を遅くすることで1日全体での業務活動時間を長くする傾向があるという興味深い結果を得た。これらのファインデクスは、トリップチェーン的アプローチからの time-allocation problem / time-budget problem として、今後の研究をより魅力的なものにしているといえ、さらに実証的な分析がなされることが期待されよう。

第4章では、交通需要分析の中で重要な課題の一つである発生集中およびOD分布に関するトリップチェーンモデルの構築とその具体的な適用例による諸考察がなされた。この章では、第2章におけるトリップチェーンの有効性のうちのいくつか、すなわち、①交通需要の派生的性質、②交通における1日完結性トリップ連鎖パターン、③トリップの連鎖性の3点が議論の対象となった。①の観点は、分析対象を業務トリップチェーンとしていることから都市内業務活動の派生需要としてとらえようとしていることが意図されており、とくにベイスとソージャーとの結びつきの強さとトリップメーカーの個人属性を反映させることが検討項目であった。②の観点では、トリップ連鎖パターンを規定するファクターの一つであるトリップチェーン内のソージャー数に着目した諸分析が実証的にも理論的にも検討された。なお、③の観点は、従来の吸収マルコフ連鎖モデルなどにおいて強調されていた性質であるが、本章では業務トリップチェーンを対象としているため、トリップの連鎖性はゾーン間の遷移に関するものといえる。そのため、OD分布量推計への拡張の際にチェーン内の各ソージャーの巡回経路に関して最短巡回問題に帰着した形でとらえることにより、ゾーン間遷移を表現しようというものであった。こうした検討項目のもとで第4章の具体的な進め方としては、第2節でソージャー数に着目した発生集中量推計モデルを構築し、第3節では、これを基本モデルとしてそのOD分布量推計への拡張を行い、そして、第4節では基本モデルをより一般化させた形で改良をはかることがそれぞれ試みられたわけである。その結果、第2節の基本モデルの中ではまず、トリップ連鎖パターンを規定するソージャー数の選択に関する重要な性質が導出された。すなわち、1つのトリップチェーンにおいてあるソージャー数をもつ確率（ソージャー数選択率）は、そのトリップメーカーの属する業種特性・業務内容によって規定される立ち回りの多寡を反映するものとして、ソージャー数の増加とともに逓減することがわかった。また、この性質はその運行パターンに関する適当な仮定を設けることにより理論的にも指数型

の曲線に従うことが確かめられた。そして、この性質を明示的に組み込んだ発生集中量推計モデルの定式化とその適用が試みられたわけである。その結果としては、現況再現性も良好であり、また、業務活動拠点としてのベイスゾーンと顧客・取引先のソージャーゾーンとの結びつきを相対的アクセシビリティによって表現するという比較的簡単なモデル構造でありながら、業務内容の差異が大きい業務活動の派生需要としての業務トリップチェーンの性質をうまく記述することができた。次に第3節では、この基本モデルのOD分布交通量推計への拡張がはかられることになり、そのために各トリップ連鎖パターンにおいてその巡回経路に関するスケジューリング性の実証的分析が行われた。これは、最短巡回経路問題へ帰着することに対する妥当性の検証を行うためのものであった。その結果、ソージャー数の多いパターンになると最短巡回経路上の所要時間と実際の所要時間が一致しない割合が増加するものの、その乖離の程度はそれほど大きくないことがわかった。そこで最短巡回問題に帰着したOD分布量推計モデルの定式化とその具体的な適用が試みたが、このモデルにおける重要な課題は巡回経路の探索でなく、チェーン内のソージャーゾーンの組合せをどのように決定すべきかであった。すなわち、あらかじめ実現可能なソージャーゾーンの組合せ決定を行うサブモデルを構築しておき、その次のステップで巡回経路の探索を行い最後に各トリップをOD表の各エレメントに計上する方法を用いた。このモデルの現況再現性は良好ではあるが、以下の諸点については今後の大きな課題点として残っており、別途のアプローチを含めた検討が必要となるかもしれない。

- ① OD分布量を最終的にアウトプットとして得ようとすれば、このモデルのようにスケジューリングを仮定する限りソージャーの組合せ決定は重要なポイントとなる。そのためには、これを説明するためには、ベイスゾーンと各ソージャーゾーンとの関係だけでなく、ソージャー間の結びつきも何らかの形で内包化していくべきであろう。
- ② スケジューリングの仮定であるが、実際のデータとの検証ではやはり最短巡回経路に帰着してすべてを説明することはできないことを示している。そこで、例えば、Kth-shortest path 問題を導入してこの仮定を修正していくことも一つの解決策かもしれない。しかし、実際のデータとの乖離がそれ程大きくなく、大半は途中まで最短経路に従って途中で崩されていることを考慮するならば、逐次決定方式のスケジューリングなどの別個の定式化の可能性がむしろ現実的であり、今後の研究課題となろう。

第4節では、基本モデルの改良がはかられ、トリップ連鎖パターン（ソージャー数だけでなくサイクル数にも関連づけて）を明示的に取込んだより一般的なモデルフレームが検討された。ここでの基本的な考え方は、ソージャー数の各ゾーンへの配分とトリップ連鎖パターンとの関係をモデル化したものであり、ソージャー数別にサイクル数・ソージャーゾーン分布をOD分布交通量推計モデルの1つである重力モデル的エントロピー法によって推計し、その周辺分布としてソージャーゾーン分布を得

ようなものである。これは基本モデルに比較して、あるソージャー数をもつトリップ連鎖パターンの中でのサイクル数の差異によってもソージャーのゾーン分布が異ってくることが特徴点となっている。また、もしこのモデルにおいてサイクル数を問わないでサイクル数・ソージャーゾーン分布を推計するとき、重力モデル型の先験確率を仮定するもとでは、基本モデルと等価な相対的アクセシビリティによる配分式が導出されることから、より一般的な表現がなされたものと評価できる。そして、改良されたモデルの適用は、それまでのカートリップチェーンデータからパーソントリップチェーンデータに変えて試みられた。その現況再現性は良好であり、また得られたパラメータのうち、重力モデルの距離抵抗値がソージャー数の多いパターンになるほど小さくなっていく傾向をもつなど興味深い結果を得ることができた。今後は将来予測プロセスの開発を目的とした諸検討が必要となるとともに、このモデルの推計フローの中で登場するトリップチェーンの諸性質についてさらに詳細な考察をも進めていくべきであろう。

第5章においては、交通需要分析の中でやはり重要な課題である手段選択問題を取上げ、トリップチェーンアプローチからの実証的分析および手段選択モデルの構築・適用を中心に据えた議論を行った。具体的には第2節で従来の手段選択モデルの歴史的回顧ならびに再考を行い、第3節では手段選択要因分析と自動車利用特性に関する実態分析をそれぞれトリップチェーンアプローチから行うことにし、そして第4節では、これらの諸分析を踏まえた自動車利用者数推計のためのトリップチェーンモデルの構築とその適用を試みたわけである。それらの要約をすれば、まず第2節では、モーダルスプリット研究の回顧がパーソントリップ法の開発・体系化の流れに即した形で概略的になされ、最近の展開として注目をあびている非集計モデルと従来のトリップチェーン・アプローチからの手段選択モデルとしての吸収マルコフ連鎖モデルの2つについては、それぞれその基本的な考え方および問題点の整理に関する再考がなされた。この中で、第5章以降の検討と関係が深いのはマルコフ連鎖モデルの位置づけに關してであろう。吸収マルコフ連鎖モデルに手段選択プロセスが導入された場合には、マルコフ連鎖の状態空間の遷移は、モード連関・目的連関・ゾーン間遷移という形で表現されることになり、これはトリップの連鎖性を多次元の遷移（連関）として記述するものであり、それにもとづいて発生集中・OD分布・交通機関分担をシステムティックに推計していこうというものである。一方、本研究における手段選択に関するトリップチェーンモデルでは、トリップの連鎖性という性質に重点を置くものでなく、業務トリップチェーンの手段選択を考えることからその派生的性質やベイスゾーンとソージャーゾーンとの関係などをモデル内で表現していくことにより、機関別の発生集中量を推計するものであるといえる。

具体的なモデルの議論に入る前に第3節では、パーソントリップチェーンデータに関する手段選択要因分析の結果の紹介、ならびに次節のモデル構築の準備としての自動車利用特性に関する実態分析がなされた。まず手段選択要因分析では、トリップチェーンの性質を示すいくつかの諸指標をサイクル内第

1トリップにおける手段選択に関する要因分析に導入することにより、手段選択におけるトリップチェーンの性質の影響の程度について統計的な有意性を検討したわけである。その結果、1日のトリップ数などの要因が手段選択の規定要因の一つとして考えられるなど、トリップチェーンと手段選択との有意な関係を見出すことができた。また、業務トリップチェーンにおける自動車利用特性に関する実態分析では、ソージャー数増加とともにサイクル内第1トリップにおける自動車分担率が高くなること、サイクル内ソージャー数別に当該トリップチェーン内の各トリップ番目の自動車分担率は、第1トリップにおける自動車分担率にはほぼ一致し、途中でモードチェンジがあまり生じないことなどの重要な知見を得た。そして第4節ではこれらの分析結果をもとに、自動車利用者数推計のためのトリップチェーンモデルの定式化ならびに具体的な適用例を通じた諸検討を行った。このモデルの大きな特徴は、自動車利用者数の変化をサイクル内ソージャー数という立ち回りパターンを通じて追跡することができることであり、また、手段選択とトリップ連鎖パターンという検討課題に関するモデル化を可能にしたことについてその意義は大きいと考えられる。さらに、本モデルにおいては、交通需要の派生的性質やトリップメーカーのもつ個人属性なども取込まれている点でも、従来のトリップチェーンモデルを一步前進させたものと評価できる。なお、サイクル内第1トリップの自動車分担率がソージャー数増加とともに増加する傾向をもつことは、自動車利用およびマストラ利用のそれぞれのソージャー数選択率曲線における自動車利用マストラ利用のそれぞれの帰宅確率の大小関係($P_m > P_A$)により説明できることが明らかにされた。そして本モデルの適用結果についてみれば、その現況再現性はおおむね良好であり、本モデルの考え方の妥当性はほぼ検証され得たと判断できる。しかしながら、その将来予測プロセスへの拡張は現段階で有効性を問うことはできず、今後の課題となっている。